

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra biologie a environmentálních studií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Klíště obecné (*Ixodes ricinus*) ve výuce
The Castor Bean Tick (*Ixodes ricinus*) in Education
Bc. Radek Němec

Vedoucí práce: Mgr. Dagmar Říhová Ph.D.
Studijní program: Učitelství pro střední školy
Studijní obor: Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů pro základní školy a
střední školy biologie — dějepis

Odevzdáním této diplomové práce na téma Klíště obecné (*Ixodes ricinus*) ve výuce potvrzuji, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Praha 18. 4. 2019

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování *Mgr. Dagmarě Říhové Ph.D.* za její vstřícnost a pomoc při získání potřebných informací a podkladů, cenné rady a trpělivost při vedení mé diplomové práce.

.....

podpis

ABSTRAKT:

Tato práce má za cíl poukázat na provázanost života lidí s parazity, zejména klíštětem obecným, které tvoří nedílnou součást naší bohaté bezobratlé fauny. V posledních několika desítkách let se stává stále častějším objektem zájmu různých médií i sdělovacích prostředků.

Práce se snaží přiblížit vztah mezi klíštětem a člověkem z různých pohledů, odhalit podstatu i úskalí života klíštěte, které pro řadu lidí představuje nepřekonatelný zdroj odporu a strachu. Nedílnou součástí práce jsou metody prevence a léčby parazitických onemocnění, které klíště přenáší, sledování nových trendů v léčbě a vývoji vakcín. Zároveň zde nalezneme i řadu námětů, jak klíště přiblížit žákům ve výuce biologie.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Klíště obecné, vztah parazit-hostitel, životní cyklus, encefalitida, borelióza, metody sběru

ABSTRACT

The aim of this work is to point out the interconnectedness of human life with parasitic organisms, especially with the Castor bean tick (*Ixodes ricinus*). This tick forms an integral part of our rich invertebrate fauna and has become an increasingly frequent interest of media in the last few decades.

This thesis attempts to bring closer the relationship between tick and man from different perspectives, and to reveal essence as well as pitfalls of tick life. For many people, this arthropod represents an insurmountable resource of aversion and fear. Hence, an integral part of the thesis is the introduction of prevention methods and treatment of parasitic diseases transmitted by the tick, as well as monitoring of new trends in the therapy and development of vaccines. Also, the text offers a proposal how to bring the tick closer to the pupils in teaching Biology.

KEYWORDS

The Castor bean tick, parasite-host relationship, life cycle, encephalitis, borreliosis, collection methods

Obsah

Úvod.....	8
1. Klíště obecné (<i>Ixodes ricinus</i>)	9
1.1 Tělní stavba	9
1.2 Trávicí soustava.....	11
1.3 Rozmnožování.....	15
1.4 Životní cyklus.....	15
1.5 Rozšíření.....	17
1.6 Ochrana před napadením klíšťaty	18
1.7 Vyjmutí klíštěte	20
2. Vztah klíště-hostitel.....	22
2.1 Reakce imunitního systému hostitele na proces sání	23
2.2 Mechanismus přenosu patogenů z klíštěte na hostitele.....	25
3. Aktivita klíštěte obecného na území ČR	27
3.1 Promořenost klíšťat přenášenými nemocemi v jednotlivých krajích ČR.....	28
3.2 Onemocnění přenášená klíšťaty na území České republiky	30
4. Klíšťová encefalitida	31
4.1 Historie šíření klíšťové encefalitidy	33
4.2 Infikování hostitele virem klíšťové encefalitidy	33
4.3 Faktory ovlivňující průběh onemocnění klíšťovou encefalitidou	35
4.4 Výskyt klíšťové encefalitidy v přírodě.....	35
4.5 Koloběh viru klíšťové encefalitidy v přírodě.....	36
4.6 Historie výskytu klíšťové encefalitidy na území ČSR, epidemie v Rožňavě.....	38
4.7 Výskyt klíšťové encefalitidy v ČR.....	40
4.8 Léčba a očkování vůči viru klíšťové encefalitidy	42
5. Lymeská borelióza.....	44
5.1 Koloběh boreliózy v přírodě.....	45
5.2 Infikování hostitele bakteriemi <i>Borrelia burgdorferi</i>	46
5.3 Průběh onemocnění lymeskou boreliózou	47
5.4 Diagnostika.....	48
5.5 Rozšíření lymeské boreliózy na území České Republiky	49
5.6 Léčba lymeské boreliózy.....	51
5.7 Postboreliový syndrom.....	51

5.8 Chronická borelióza	52
6. Ehrlichioza	53
6.1 Průběh infekce hostitele	54
6.2 Léčba ehrlichiozy	55
7. Babesioza	56
7.1 Onemocnění způsobené babesiemi	56
7.2 Způsoby infikování babesiemi	57
7.3 Léčba onemocnění	59
8. Bartonelóza	60
8.1 Průběh onemocnění	60
8.2 Diagnostika a léčba	61
9. Tularemie	62
9.1 Diagnostika a léčba	63
9.2 Zneužití <i>Francisella tularensis</i>	63
10. Metody sběru klíšťat	65
10.1 Uchovávání a manipulace s klíšťaty	66
11. Návrh terénní exkurze zaměřené na sběr klíšťat	68
11.1 Obsahová náplň a příprava programu	69
11.2 Průběh exkurze na lokalitě	69
11.3 Závěr a ukončení exkurze	70
12. Určení pohlaví klíštěte, zhotovení fotografií	71
13. Pozorování hypostomu samice klíštěte pomocí digitálního mikroskopu	73
14. Zhotovení trvalých preparátů klíštěte	74
14.1 Zhotovení trvalého preparátu I. – glycerolová želatina	74
14.1.1 Pozorování zhotovených trvalých preparátů – glycerolová želatina	76
14.2 Zhotovení trvalého preparátu II. – kanadský balzám	79
14.2.1 Pozorování zhotovených trvalých preparátů – kanadský balzám	80
Závěr	83
Slovník méně známých pojmů	84
Seznam použitých informačních zdrojů	85
Elektronické zdroje	89

Úvod

Tato práce se zabývá vztahem mezi parazitem klíštětem obecným (*Ixodes ricinus*) a hostitelem, kterým se v naší zeměpisné poloze mnohdy stává člověk. Obsahem je snaha nastínit úskalí a množná rizika, které toto vzájemné soužití klíštěte a člověka pro nás představuje, zároveň však i poukázat na aspekty, které jsou spojeny s jednotlivými etapami života klíštěte, jenž tvoří nedílnou součást koloběhu života.

Mezi veřejností slovo klíště mnohdy vyvolá vlnu odporu, jenž je do jisté míry způsobena neporozuměním a přehnanou mediální kampaní, která představuje klíště jako „jakýsi tajemný organismus, jenž na nás čeká někde ve vegetaci, aby nás nakazil řadou nepěkných onemocnění, která díky svému způsobu života přenáší“. Popravdě zmiňované nemoci představují pro člověka riziko, ale většina z těchto nákaz je v současnosti léčitelná. Otázkou je, jak tomu bude za sto, dvě stě let, protože stejně jako jiné nákazy se vyvíjí i nemoci parazitického původu a je otázkou, jak na tyto změny budou reagovat nové vědecké poznatky a lékařské výzkumy. Součástí této práce je proto popis stavby těla klíštěte a mechanismů sání krve, rozmnožování a přenosu patogenů na člověka, které nám mají posloužit k bližšímu porozumění jeho života a zároveň poskytnout možnost nahlédnout do koloběhu procesů odehrávajících se během sání na hostiteli.

V této práci nalezneme i výčet nejběžnějších onemocnění, která u nás klíště obecné přenáší, popis jejich diagnóz, průběhů a možností léčby. Velice zajímavou částí je pak téma prevence a chování člověka v přírodě, které nám má co možná nejvíce pomoci snížit riziko napadení klíštětem. Součástí jsou však i nové poznatky, týkající se procesu sání klíštěte, které by do budoucna mohly přispět k vývoji nových účinných vakcín.

Hlavní myšlenkou a cílem této práce je proto odhalit nezkreslený pohled na život tohoto zajímavého parazita, se kterým můžeme v naší přírodě přijít velice často do kontaktu a zároveň přispět k rozvoji obecného pohledu na parazity, jako na zajímavé a mnohdy ne zcela pochopené organismy. K tomuto cíli má napomoci praktická část práce, kde nalezneme několik námětů, jak klíště obecné přiblížit žákům ve školní praxi.

1. Klíště obecné (*Ixodes ricinus*)

Klíště obecné patří do kmene členovců (Arthropoda), třídy klepítkačů (Chelicerata), řádu roztočů (Acarina). Řadí se mezi ektoparazity, tedy organismy parazitující na povrchu těla hostitele (Volf et al., 2007). V našich klimatických podmínkách je klíště obecné celkem běžně rozšířený parazit obývající především oblasti nížin a pahorkatin. Největší riziko představuje pro člověka způsob života a stravovací návyky klíštěte vyplývající z příjmu potravy ve formě krve a tedy i procesu sání na hostiteli, při kterém dochází k přenosu řady nebezpečných onemocnění způsobujících u hostitele závažné zdravotní komplikace.

1.1 Tělní stavba

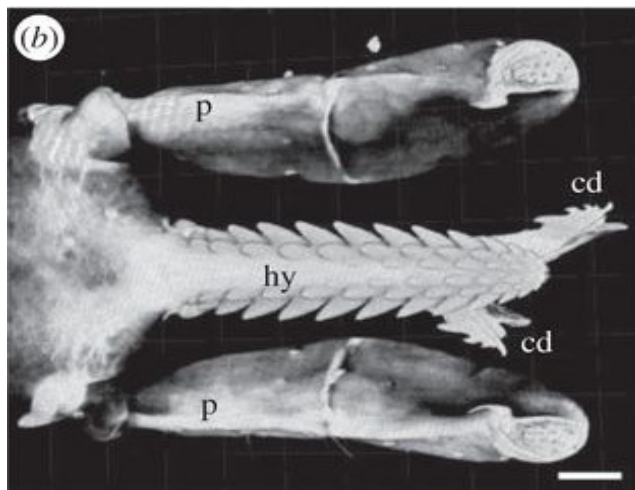
Klíště obecné dosahuje zpravidla velikosti několika milimetrů. Stejně jako v případě jiných roztočů lze jeho tělo rozdělit na dvě odlišné části a to část ústní, tzv. gnathsoma, a část zadní, tzv. idiosoma (Smrž, 2015). Gnathsoma obvykle nese makadla (pedipalpy) a klepítka (chelicery), které bývají u řady parazitických jedinců přeměněny ve specializované útvary sloužící k sání krve hostitele. Idiosoma pak nese čtyři páry kráčivých končetin. Klíšťata dýchají vzdušnicemi, které vyúsťují za čtvrtým párem kráčivých končetin (Volf et al., 2007).

Hřbetní část těla dospělců klíštěte obecného je kryt tvrdým štítem (scutum), který je rozlišitelný pouhým okem a zároveň dokladem pohlavního dimorfismu klíšťat (Obr. 1.). U samců pokrývá tento štítek téměř celé tělo, v případě samic zasahuje tento štítek pouze do třetiny až poloviny těla, díky čemuž může samice při sání krve až několikanásobně zvětšit svůj objem a zajistit si tak dostatečný přísun potravy (Volf et al., 2007).

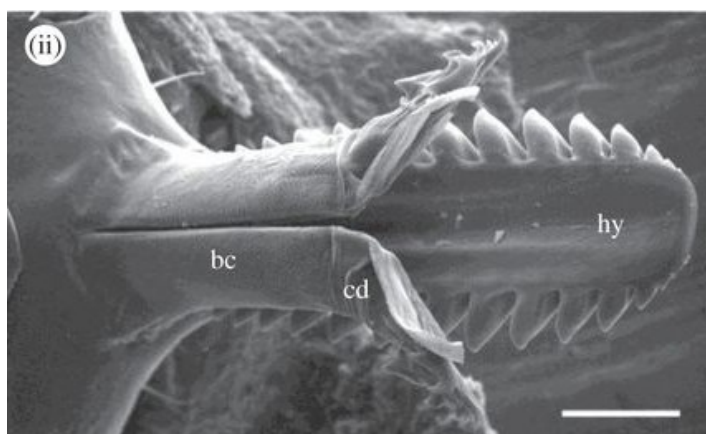


Obr. 1. Samice a samec klíštěte obecného. Dostupné z:
<http://livestockbugs.okstate.edu/ticks-1/hard-ticks/>

Ústní část klíštěat je vybavena typickým rypáčkem (hypostom), který nese řadu drobných zoubků sloužících k ukotvení ve tkáni hostitele (Smrž, 2015). Podoba hypostomu se u samce a samice klíštěte liší, hypostom samice je pokryt velkým množstvím drobných zoubků (Obr. 2., 3.), kdežto hypostom samce nese jen několik velkých zubů a není využíván pro přichycení v pokožce, neboť samci rodu *Ixodes* krev nesají. Samci využívají hypostom při specifickém způsobu rozmnožování (Obr. 6) tzv. traumatické inseminaci (Volf et al., 2007).



Obr. 2. Hypostom samice klíštěte obecného; p – pedipalpy, hy – hypostom, cd – chelicery (Richter et al., 2013)

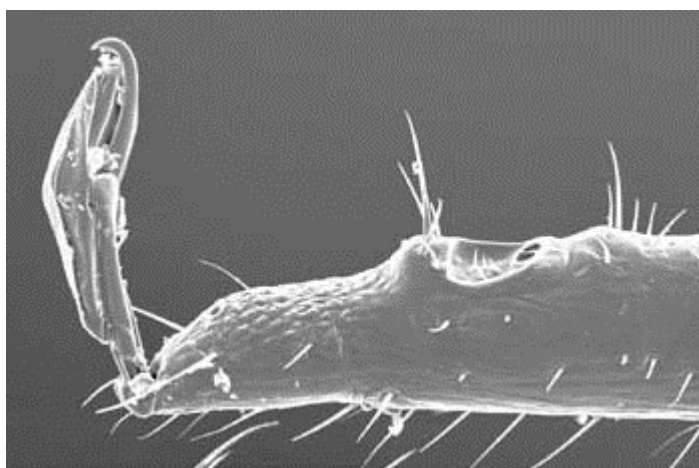


Obr. 3. Hypostom samice klíštěte obecného; hy – hypostom, cd – chelicery, bc – prodloužení hlavové části (Richter et al., 2013)

Celý mechanismus hypostomu klíštěte je velice důmyslný: poté co se klíště přichytí na svého hostitele, využívá svých senzorických receptorů k vyhledání vhodného místa k přísátí. Poté se začíná uplatňovat hypostom, jehož přední část je tvořena chelicerami, které proniknou

pokožkou do tkáně hostitele. Tyto chelicery následně fungují jako háček, který se roztáhne do tvaru písmene V a ukotví tak hypostom v tkáni hostitele. Hypostom následně funguje jako slámka, sloužící k příjmu potravy a výměně tekutin mezi parazitem a jeho hostitelem (Richter et al., 2013).

Dalším velice důležitým orgánem, který umožňuje klíšťatům identifikovat hostitele je Hallerův orgán (Obr. 4.), který se nachází na tarsálních člancích předního páru končetin. Tento orgán má podobu jamky se smyslovými brvami, které umožňují klíštěti registrovat teplo a metabolity (především oxid uhličitý – CO_2) vydávané hostitelem (Smrž, 2015). Hallerův orgán tak u některých rodů klíšťat jako je rod *Ixodes*, nahrazuje funkci očí, která u tohoto rodu zcela chybí (Volf et al., 2007).



Obr. 4. Umístění Hallerova orgánu na tarsálním článku prvního páru končetiny klíštěte obecného. Dostupné Z:

http://www.dartmoorcam.co.uk/dartmoortickwatch/photos/SEM_photos/SEM_photos_Female.htm

1.2 Trávicí soustava

Klíště obecné má trávicí soustavu vakovitého typu s řadou postranních výběžků, zvětšujících celkový povrch střeva. Trávení probíhá intracelulárně. Prostředí tohoto typu trávicí soustavy je velice vhodné pro šíření různých mikroorganismů a zároveň je poměrně chudé na trávicí enzymy, které by mohly tyto mikroorganismy poškodit (Volf et al. 2007). Vzhledem k několikaletému vývojovému cyklu klíšťat a řady hostitelských organismů, které představují pro tyto parazity vhodný zdroj potravy, lze předpokládat, že míra promořenosti

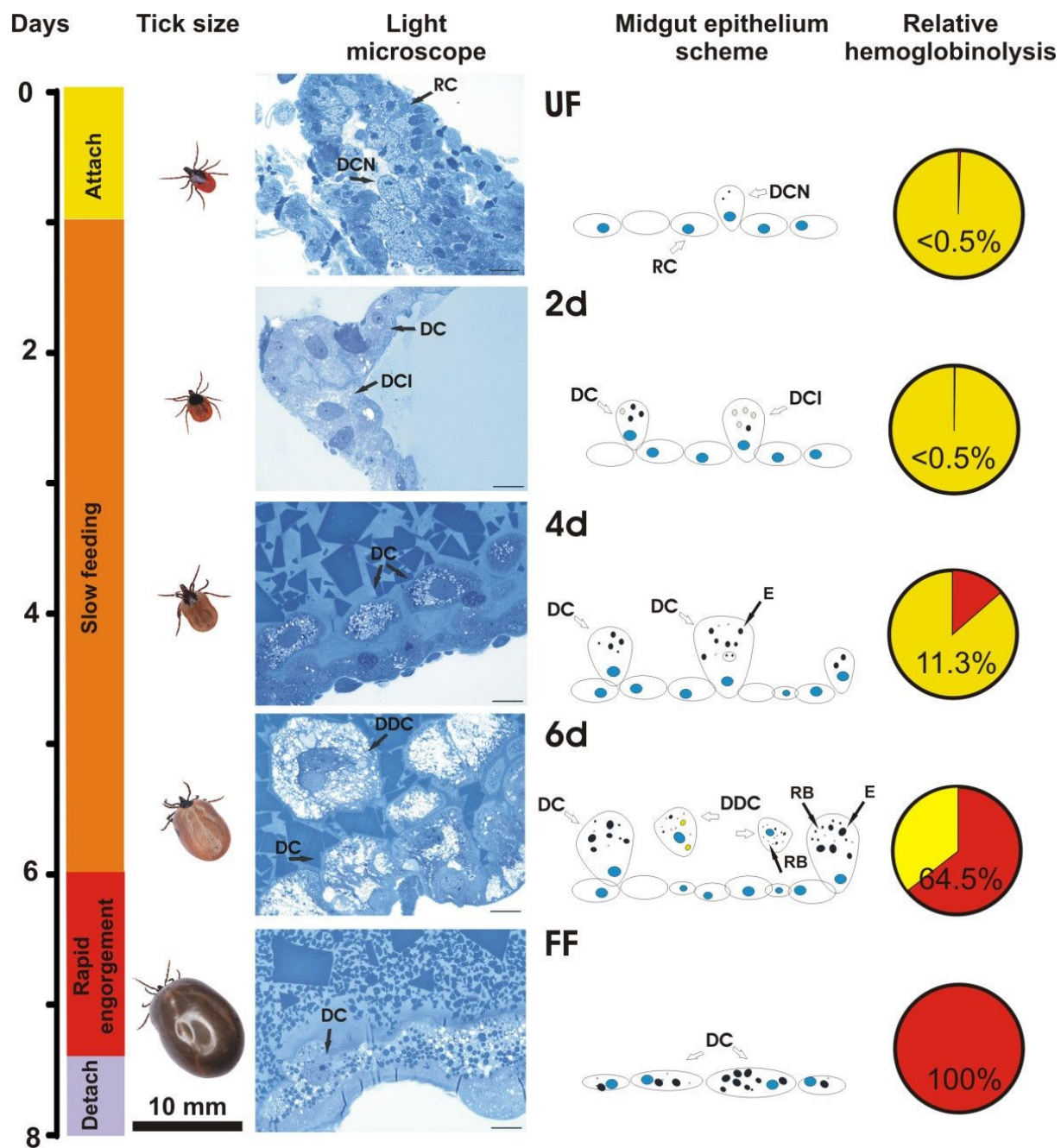
zaživacího ústrojí klíštěte je značně vysoká stejně jako i pravděpodobnost následného nakažení člověka. Trávení krve hostitele představuje pro klíště velice zdlouhavý proces, při kterém se uplatňuje kyselé prostředí střeva a řada peptidáz, především cysteinové a aspartátové proteázy (Franta et al, 2010).

Trávení krve hostitele představuje pro klíště základní fyziologický proces spojený s vývojem, rozmnožováním klíštěte a přenosem patogenů na člověka. Krev je pro klíště jediným zdrojem živin a energie. Přerušení těchto základních procesů trávení tak může vést k vývoji nových vakcín a léčiv v boji proti přenosu těchto patogenů na člověka. U dospělé samice tvoří její střevo až 80 % jejího těla a představuje vhodné prostředí pro kultivaci patogenů (Sojka, 2016).

Zástupci klíštěte obecného sají během svého vývojového cyklu v každém životním stádiu pouze jednou, přitom doba tohoto sání u dospělé samice může trvat i několik dní. Obvykle se skládá ze dvou fází, fáze pomalého sání, která zpravidla trvá 6 až 9 dní a následně rychlého sání trvající 12 až 24 hodin (Obr. 5.). Nástup fáze rychlého sání je podmíněn předchozím oplozením samice. Plně nasátá samice váží až stonásobek své původní hmotnosti (zhruba 1 ml krve). Následně dochází ke zpracování látek z krve hostitele a to především hemoglobinu, který má zásadní vliv na tvorbu vajíček. V průběhu hemoglobinolýzy dochází ke zvyšování intenzity a rychlosti rozkladu hemoglobinu (Sojka, 2016).

Zásadní odlišnosti ve stavbě střeva klíštěte od jiných krevsajících parazitů nalezneme především v jeho střední části (mezenteron), která se liší anatomicky i funkčně od střev jiných parazitů u kterých probíhá trávení hostitelovi krve mimo samotné buňky ve vnitřní části střeva. U klíšťat dochází ve vnitřní části střeva pouze k rozkladu červených krvinek a následné trávení probíhá v kyselém prostředí vnitrobuněčných váčků (Sojka, 2016).

Díky tomu jsou klíšťata schopna přežít celkem dlouhé intervaly mezi krmením: vnitřní část střeva jim slouží jako zásobník živin. Struktura samotného střeva se skládá z několika vrstev, vnitřní část (lumen) obsahuje krev a je obklopena epitelovou vrstvou a vrstvou svalových vláken (Sojka, 2016).



Obr. 5. Fáze krmení, změny morfologie střev a celková hemoglobinolýza ve střevě samice klíštěte (Franta et al., 2010)

Vnitřní část epitelu je pokryta tzv. peritrofickou membránou, která je chitinózního původu a má velice důležitou funkci během trávení. Chrání střevní epitel před mechanickým poškozením a zároveň před nebezpečnými patogeny, které by mohly klíště ohrozit (Terra, 2001).

Během sání se bazální buňky střevního epitelu mění na buňky trávicí, které následně tráví hemoglobin z hostitelské krve; neproteinová složka krevního barviva hem, je následně ukládána do lumenu střeva (Sojka, 2016).

Vlastní trávení hemoglobinu lze popsat jako sled několika událostí:

- Nasátí a uskladnění krve v lumenu střeva
- Hemolýza červených krvinek
- Zahušťování střevního obsahu a tvorba krystalů hemoglobinu v lumenu střeva
- Endocytóza hemoglobinu buňkami střevního epitelu a uvolnění molekul hemu, které kondenzují ve specializovaných střevních buňkách (hemozomy)

Hemoglobin je pro samičku klíštěte velice důležitým zdrojem aminokyselin potřebným pro tvorbu kvalitní snůšky vajec. Zároveň se však při jeho štěpení uvolňuje hem, který je ve větší koncentraci pro klíště nebezpečný a trávicí buňky střeva se s ním musí fyziologickou cestou vypořádat (Sojka, 2016).

Aminokyseliny získané z rozkladu proteinů hostitelovy krve, jsou využívány k tvorbě vitelogeninů (žloutkových rezerv) uplatňujících se při tvorbě vajíček. Při tomto procesu se uplatňují především cysteinové a aspartátové proteázy, enzymy které jsou evolučně přizpůsobeny k trávení krevních proteinů, nalezneme je i u obratlovců např. v makrofázích či buňkách placenty (Sojka, 2016). Celý tento proces tvoří velice důmyslný komplex reakcí.

Zásadní vliv při trávení hemoglobinu má kyselé prostředí, které aktivizuje trávicí enzymy v lyzozomech, tato změna pH hraje patrně klíčovou roli v regulaci celého systému. Při výzkumu funkce trávení hemoglobinu u klíšťat byly využity rekombinované trávicí enzymy, které by bylo možné následně využít k výrobě nových vakcín proti klíšťatům, které by inhibovaly činnost trávicích enzymů (Sojka, 2016).

1.3 Rozmnožování

Jak už bylo výše řečeno, samec klíštěte obecného nepřijímá potravu ve formě krve, přesto kopulace mezi samcem a samicí nejčastěji probíhá na těle hostitele, který představuje ideální místo pro setkání obou jedinců. Během tohoto aktu se uplatňuje hypostom samce, který do něj nasaje vlastní pohlavní buňky a následně je pomocí hypostomu přenese do pohlavního otvoru samice, který je umístěn mezi zadním párem končetin (Obr. 6.) (Volf et al., 2007).



Obr. 6. Kopulace mezi samicí a samcem klíštěte. Dostupné z: <http://campother.blogspot.com/2014/03/part-1-sexual-transmission-of-lyme.html>

1.4 Životní cyklus

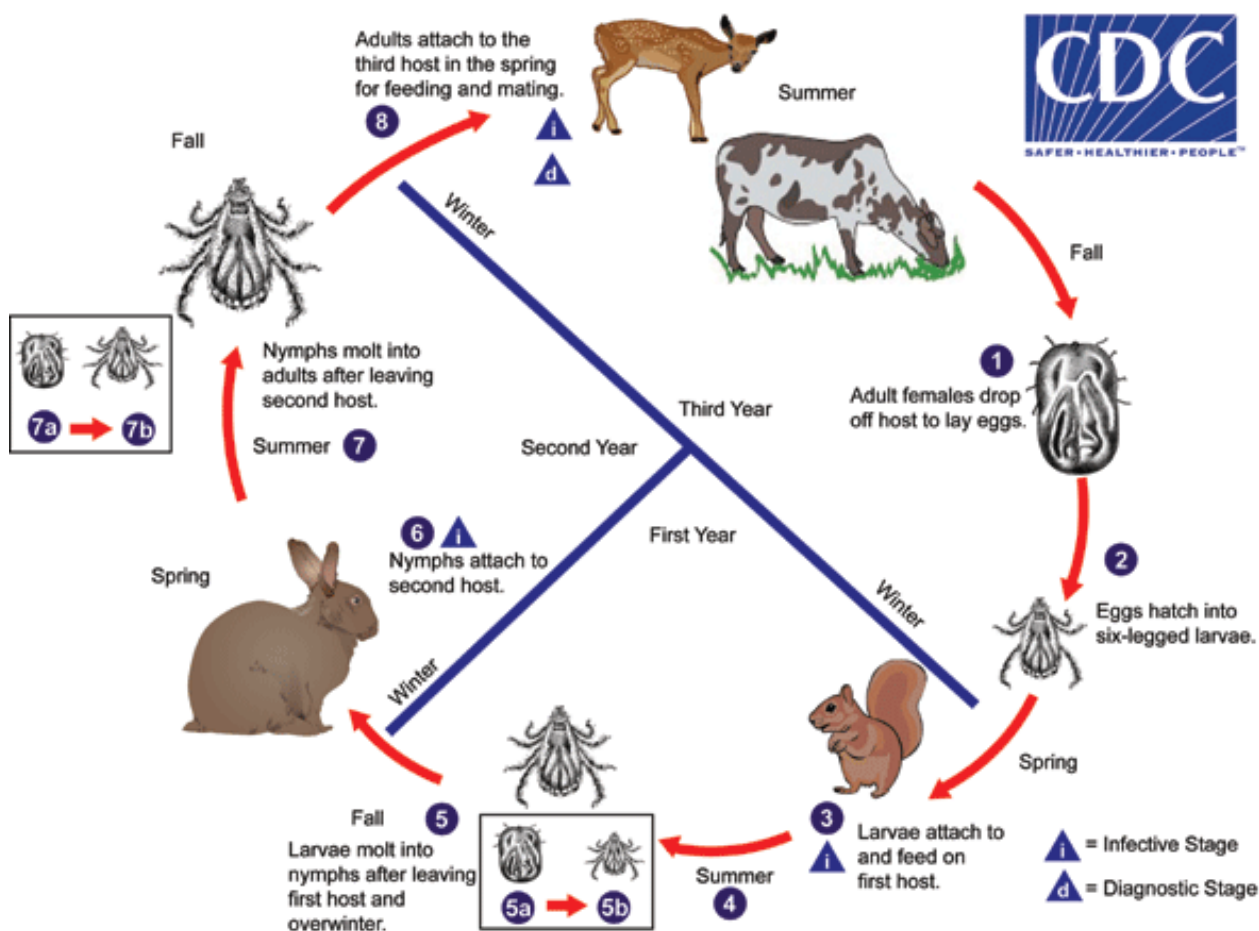
Klíště obecné patří mezi skupinu klíšťat s tříhostitelským životním cyklem (Obr. 7.), ale nalezneme i zástupce u kterých je rozšířen jedno či dvouhostitelský životní cyklus např. rod *Hyalomma* (CDC, 2017). Každé životní stadium (larva, nymfa, dospělec) saje na různém spektru hostitelů (Bartůněk et al., 2013).

Po splynutí samčích a samičích buněk se z oplozených vajíček líhnou larvy. Dospělá samice klade v průměru 2500 až 4000 vajec (Klíště.cz 2018 A), snůšku klade ve vlhkém prostředí do půdy a následně umírá (Sojka, 2016).

Larvy klíštěte obecného jsou velice drobné, dosahují velikosti pouze několika desetin milimetru a mají tři páry končetin (Klíště.cz 2018 A). Hlavním zdrojem potravy larev jsou drobní hlodavci a ptáci (Bartůněk et al., 2013), ale v řadě případů se jejich hostitelem stává i člověk, který mnohdy ani jejich přítomnost na svém těle nepostřehne, protože v nasátém stavu dosahují velikosti špendlíkové hlavičky. Stejně jako další vývojová stadia jsou přenašeči různých onemocnění (Klíště.cz 2018 A).

Po nasátí krve vstupuje larva do stádia proměny a mění se na nymfu, která na rozdíl od larvy dosahuje větší velikosti a má čtyři páry končetin. Nymfa vyhledává jako zdroj potravy i větší obratlovce (Klíště.cz 2018 A).

Po opětovném nasátí krve přechází nymfa ve stádium dospělého, který je schopen rozmnožování, kdy krev sají pouze samice. V našich klimatických podmínkách trvá vývoj klíštěte obecného obvykle dva až tři roky (Volf et al., 2007).



Obr. 7. Tříhostitelský životní cyklus klíštěte obecného. 1 – kladení vajec; 2 – šestinohé larvy; 3 – první hostitel larev; 4 – léto; 5 – přeměna larev v nymfy, 6 – nymfy vyhledávají druhého hostitele; 7 – přeměna nymf v dospělé; 8 – dospělci napadají třetího hostitele a páří se. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/dpdx/ticks/index.html>

Vývoj klíštěte obecného ve střední Evropě však může trvat i mnohem déle a to především ve vyšších nadmořských polohách. Vývoj jednotlivých stádií klíštěte není

synchronizován s průběhem ročních období, proto můžeme ve stejný čas na stejném místě nalézt všechna tři vývojová stadia klíštěte z jedné snůšky vajíček (Růžek et al., 2015).

Tento jev je dán individuálním časovým vývojem klíšťat a přítomností vhodného hostitele, kterého se jim v průběhu vegetační sezóny podařilo napadnout a následně uskutečnit dostatečné sání krve, které je základním požadavkem pro další vývoj (Růžek et al., 2015).

Přesto v našich podmínkách není klíště obecné schopné uskutečnit celkový vývoj během jednoho roku, což je dáno střídáním ročních období, a proto je vždy jedno vývojové stadium nuceno přezimovat, ať už v hladovém či nasátém stavu (Růžek et al., 2015).

V rámci tohoto vývoje můžeme dále u klíštěte obecného rozlišit dvě fáze a to fázi parazitickou a neparazitickou. Parazitická fáze se vyznačuje sáním krve a je poměrně krátká, v případě larev trvá cca dva dny, u dospělců 10 až 14 dní (Růžek et al., 2015).

Neparazitická fáze probíhá ve vrchní části půdy, opadu a zahrnuje oogenezi, snůšku vajec (Obr. 8.), embryogenezi, líhnutí a přeměnu larev, součástí neparazitické fáze je i „čihání“ na hostitele (Růžek et al., 2015).



Obr. 8. Snůška vajec klíštěte obecného. Dostupné z: <https://www.wideopenpets.com/dogs-in-the-woods-beware-how-to-spot-tick-eggs-this-summer/>

1.5 Rozšíření

Klíšťata se v naší zeměpisné poloze vyskytují především v listnatých a smíšených lesích, na okrajích těchto lesů s bujnou rostlinnou vegetací, okraje cest, podél vodních toků, ale i na travnatých plochách zahrad či parků (SZÚ, 2007).

Riziko napadení klíštěte je dáno jeho sezónní aktivitou, dle místních podmínek můžeme jeho aktivitu pozorovat už od druhé poloviny března do první poloviny listopadu s vrcholem od května do července (SZÚ, 2007).

Aktivita klíšťat je v jednotlivých rocích proměnlivá. Vzhledem k prudkému rozmachu onemocnění, která klíšťata v našich podmínkách přenášejí, zejména klíšťové encefalitidy bylo třeba nalézt odpověď na otázku, proč k tomuto trendu dochází a zároveň více pochopit závislost klíšťat na meteorologických podmínkách a změnách klimatu (Kott et al., 2015).

Na výskyt klíštěte obecného má vliv řada příznivých i stresujících faktorů, které se dlouhodobě promítají do početnosti a struktury populace.

Jedním z těchto faktorů je chlad, tedy období zimních měsíců a následné období jara. Mírná zima vede k přežití více jedinců a jejich následnému rozšíření během jara. Dalším důležitým faktorem je teplota a vlhkost (vlhkost vzduchu, půdy, srážky) a jejich vzájemná kombinace (Kott et al., 2015).

Podle výzkumu aktivity klíšťat vzhledem k vývoji počasí (Kott et al., 2015), byla největší aktivita klíšťat zjištěna v teplotně mírném a vlhkostně normálním roce. Naopak nejmenší aktivita byla sledována v teplotně nadprůměrném a extrémně suchém roce. Rovněž byla nízká aktivita klíšťat sledována i v roce nadprůměrně vlhkém.

Vytvoření funkčního systému předpovědi aktivity výskytu klíšťat vzhledem k vnějším podmínkám a jejich vnitřním biorytmům není jednoduché, do těchto modelů je nutné zařadit i předchozí stav populace a predispozice, které se mohou následně v této populaci projevit jako dědičný faktor, který tato populace během svého vývoje získala (Kott et al., 2015). Proto je stanovení průkazného modelu předpovědi aktivity klíšťat velice obtížné.

1.6 Ochrana před napadením klíšťaty

Klíště obecné není schopno aktivního vyhledávání svého hostitele, jako je tomu u komárů či jiného hmyzu. Naopak se řadí mezi velice trpělivé parazity, kteří vyčkávají na stéblech trav či jiné vegetaci na vhodného hostitele. K tomuto číhání využívají už dříve zmíněný Hallerův orgán, který je umístěn na posledním článku prvního páru končetin (Klíště.cz 2018 B).

Celý mechanismus vyhledávání hostitele pobíhá tímto způsobem: klíště vyleze na stéblo trávy, na kterém se přidržuje pomocí tří párů končetin, první pár končetin s Hallerovým orgánem je volný, klíště tento první pár končetin roztáhne a vztyčí, následně jím jako anténou otáčí po okolí a přijímá chemické a fyzikální vjemy dokládající přítomnost hostitele. Poté už

jenom zbývá vyčkat na vhodný okamžik, kdy se hostitel ostře o stéblo trávy a klíště se na něj následně přichytí (Klíště.cz 2018 B).

Jakými způsoby lze toto riziko napadením klíštětem redukovat? Existuje řada návodů jak se chovat a co si vzít do míst s předpokládaným výskytem klíšťat, žádný však neposkytuje člověku stoprocentní ochranu před těmito nebezpečnými parazity, ale může toto riziko alespoň částečně snížit.

Důležitá je samotná příprava před vstupem na tato riziková stanoviště:

- Zvolit vhodný oděv, dlouhé kalhoty, z hladké a světlé látky, na které jsou klíšťata dobře viditelná
- Použít vhodný repelentní přípravek a aplikovat jej především na dolní končetiny od kolene dolů
- V terénu s prokazatelným výskytem klíšťat nesedat ani nelehat na zem, ani v případě použití podložky
- Nevstupovat do bylinné vegetace a křoví, pohybovat se spíše po cestách
- Během pohybu v terénu průběžně kontrolovat oděv a to především v nižších partiích nohou a odstranit případná klíšťata, které se nám během pohybu ve vegetaci na oděvu zachytila
- Při pohybu v místech s možným výskytem klíšťat je vhodné pamatovat i na naše čtyřnohé mazlíčky, používat repelentní náramky, vodítka pro omezení pohybu mazlíčka v terénu, nebo jej zkrátka na takováto místa nebrat (SZÚ, 2007)

Opatrnosti není nikdy nazbyt, proto je nutné dodržovat další preventivní opatření i po návratu z přírody domů a to především důkladnou kontrolou těla:

- Důkladně prohlédnout celé tělo proti případnému přichycení klíštěte
- Místa nejčastějšího přisání jsou podpaží, třísla, podkolenní jamka, za ušima, ve vlasech či v oblasti intimních partií
- Pro zlepšení viditelnosti, i na zrakem hůře dostupná místa, použít zrcátko
- Je třeba mít na paměti, že pouhé umytí či použití žínky nestačí (přisáté klíště žínkou neodstraníme, ale můžeme snížit riziko jeho případného přisátí)
- V případě detekce přisátého klíštěte je nezbytné jej co nejdříve odstranit, protože s delší aktivitou sání se zvyšuje i sekrece slin obsahujících řadu

nebezpečných patogenů, které by mohly člověku způsobit velice závažné zdravotní obtíže

- Zároveň se s prodlužující dobou od přisátí klíštěte na hostitelovi zvyšuje riziko náročnějšího vyjmutí z tkáně hostitele: v prvních hodinách je klíště ve tkáni hostitel zakotveno pouze mechanicky, díky zoubkům hypostomu, ale později začnou složky slin klíštěte kolem hypostomu vytvářet obal (tzv. cement), který zefektivňuje ukotvení klíštěte v tkáni a jeho vyjmutí je tak mnohem náročnější (SZÚ, 2007)

1.7 Vyjmutí klíštěte

Při samotném aktu vyjmutí klíštěte z tkáně hostitele je třeba postupovat rovněž velice obezřetně. Nejprve je vhodné postižené místo, na kterém je klíště přisáto, ošetřit desinfekčním roztokem jódu či jiným. Poté s použitím pinzety či rukavice klíště uchopit a vytáčet na libovolnou stranu, viklat nebo táhnout (Rozsypal, 2015), ale lze použít i navlhčenou textilií, žínku či ručník a klíštětem viklat ze strany na stranu než se uvolní (SZÚ, 2007). Rovněž se při vyjímání klíštěte osvědčily i komerčně vyráběné umělohmotné karty (Obr. 9.) se zářezy, pomocí kterých se klíště pevně podeberme a vyjme bez rizika rozmáčknutí (SZÚ, 2007).

Při aplikaci oleje dochází k přidušení klíštěte, které vlivem toho zvyšuje produkci slinných žláz a zvyšuje tak riziko přenosu nebezpečných patogenů (Rozsypal, 2015).



Obr. 9. Karta na bezpečné odstranění klíštěte. Dostupné z: <http://kliste.cz/eshop/cs/odstraneni-klistat/1-karta-na-kliste.html>

Po vyjmutí klíštěte je nezbytné postižené místo znovu desinfikovat použitím desinfekce. V případě, že došlo vlivem nevhodného vytáčení k poškození klíštěte a jeho část zůstala v tkáni hostitele, může způsobit lehký zánět či zatvrdlinu (SZÚ, 2007).

I s vytaženým klíštětem je nutno zacházet jako s potenciálně infekčním materiálem, zamezit potřísnění rukou či jiných předmětů a v žádném případě klíště nedrtit. Klíště je vhodné zabalit do kousku papíru a zapálit (SZÚ, 2007).

Tento postup je vhodné dodržovat i při manipulaci s klíšťaty u našich domácích mazlíčků a vždy je mít na zřeteli vlastní bezpečnost, proto se v těchto případech doporučuje používání gumových rukavic (SZÚ, 2007) a specializovaných pomůcek jako kleště na nasátá klíšťata či háček (Obr. 10.), který můžeme použít i při vyjmutí klíštěte z lidského těla.

Opatrnost po odstranění klíštěte i v následujících dnech je nezbytná, při sání na hostiteli se v tomto postiženém místě vytvoří zarudnutí pokožky do průměru cca 5 centimetrů, toto zarudnutí může přetrvávat i tři dny, ale během této doby se nezvětšuje. V případě, že by během několika týdnů došlo k postupnému zvětšování této skvrny, která většinou v centru zbledne a je doprovázena řadou příznaků podobajících se příznakům chřipky, je nutné vyhledat pomoc lékaře s podezřením na borreliový erythem (SZÚ, 2007).



Obr. 10. Háček na klíšťata. Dostupné z: <https://pethome.cz/cs/psi/6613-hacek-na-klisjata-otom-2ks-850646000021.html>

2. Vztah klíště-hostitel

Jak už bylo několikrát zmíněno, základem pro přežití klíštěte je akt sání, který se odehrává na hostiteli. Samotný hostitel má ve svém organismu řadu mechanismů, které zabraňují ztrátám krve a tím znemožňují i samotné sání, avšak parazit při sání vylučuje do hostitelovy tkáně sliny, které obsahují řadu aktivních látek, které mají za úkol tyto obranné mechanismy obejít (Matějovská, 2007).

Vzhledem k vzájemnému vývoji parazita i hostitele dochází evolučně ke změnám, které mají na toto vzájemné soužití velký vliv, otázkou do budoucna je, kdo bude na této cestě úspěšnější (Matějovská, 2007).

Z celkového množství klíšťat asi 899 druhů má pouze 10 % schopnost přenášet nebezpečné patogeny na člověka. Tyto patogeny se do klíštěte dostávají během sání a následně jsou pomocí slin klíštěte zavlečeny do tkáně dalšího hostitele. Mezi nejčastější onemocnění přenášená klíštětem patří klíšťová encefalitida, lymeská borelióza, tularémie, babezióza a teilerióza (Matějovská, 2007).

Samotný proces sání je zdoluhavý, zahrnující porušení tkáně hostitele – epidermálních, dermálních buněk a drobných cév, doprovázený silnou odpovědí hostitelova organismu ať už v podobě hemostázy (reakce cév v místě poškození, vazokonstrikce), či zánětlivou reakcí. Při porušení pokožky hostitele se uplatňují i reflexivní obranné mechanismy jako vazokonstrikce, snižující průměr cév a zabraňující tak ztrátám krve. Stejně jako u běžného krvácivého poranění se i při sání uplatňují krevní destičky, které mají schopnost vytvořit v ráně krevní zátku a zamezit ztrátám krve (Matějovská, 2007).

Celý mechanismu tvorby krevní zátky je velice důležitý. Při poranění cévy dochází ke styku krevních destiček s kolagenem, který způsobí jejich aktivaci. Poté dochází ke změně tvaru krevních destiček vlivem degranulace jejich granul – váčků obsahujících aktivní látky (ADP, trombin, tromboxan A), které se váží na povrch krevních destiček a spojují je v krevní zátku (Matějovská, 2007). Toto shlukování destiček je doprovázeno řadou enzymatických dějů (tzv. koagulační kaskádou), jejichž výsledkem je přeměna rozpustného fibrinogenu na nerozpustný fibrin, který spolu s krevními destičkami tvoří konečnou krevní zátku (Matějovská, 2007).

Pro klíště je tedy životně důležité zabránit při sání srážení krve, k tomu se u něj vyvinula řada mechanismů zabraňujících koagulační kaskádě. Bylo zjištěno, že velké množství

těchto látek funguje na podobných principech jako u jiných krevsajících členovců (Matějovská, 2007).

Proces shlukování krevních destiček může být narušen v několika fázích:

- **preaktivační** – zabraňující aktivačním látkám procesu shlukování destiček navázat se na receptory destiček
- **postaktivační** – látky, které se vážou na již aktivované destičky a zabraňují tak jejich shlukování
- **postagregační** – látky, které umožňují uvolnění již pospojovaných destiček díky odebrání fibrinogenu (Matějovská, 2007)

V preaktivační fázi se uplatňuje řada inhibujících látek. Jednou z nich je enzym apyráza, který má hydrolytickou aktivitu, díky níž přeměňuje ATP a ADP na AMP (adenosinmonofosfát) a zabraňuje tak aktivaci destiček. Dalšími látkami zabraňující sekreci ADP jsou prostaglandiny (látky odvozené od kyseliny arachidonové, které zároveň působí jako vazodilatační látky), složky slin klíštěte. Nalezneme zde i látky inhibující činnost trombinu či kolagenu (Matějovská, 2007).

V postaktivační fázi se uplatňují především proteiny, inhibující vazby fibrinogenu na povrch destiček a tím zabraňují jejich shlukování. Jde především o protein variabilin, savignygrin a disagregin (Matějovská, 2007).

V postagregační fázi se následně uplatňují metaloproteázy mající antifibrinogenní a antifibrinovou aktivitu s určitou podobností k hemoragickým proteázám, které se vyskytují v jedech hadů (Matějovská, 2007).

2.1 Reakce imunitního systému hostitele na proces sání

Při sání se jako další obranný mechanismus hostitele uplatňuje imunitní systém organismu, který se brání nejen ztrátě krve, ale i klíštěti jako cizímu tělesu vylučujícímu cizorodé molekuly do tkáně hostitele (Matějovská, 2008).

Člověk ve vztahu ke klíštěti patří mezi jeho nepřírozené hostitele, a tudíž je jeho imunitní reakce na sání mnohem bouřlivější, než je tomu v případě přirozených hostitelů (Matějovská, 2008).

Ve chvíli kdy dojde k průniku hypostomu do tkáně hostitele, dochází ke specifické i nespecifické imunitní reakci. Nespecifická imunitní reakce je dána činností makrofágů,

granulocytů (bílé krvinky) a žírných buněk, které uvolňují do místa vpichu histamin a látky, odpovědné za bolest a svědění v místě přisátí klíštěte. (Matějovská, 2008). Zároveň tyto látky snižují u klíštěte produkci slin a vyvolávají uvolnění látek zvyšujících propustnost cév. Odolnost hostitele vůči infekcím přenášeným klíštětem zvyšují i proteiny, které vznikají v játrech a uplatňují se při akutní fázi zánětu, zároveň tyto proteiny napomáhají při hojení tkáně hostitele (Matějovská, 2008).

Na rozdíl od nespecifické imunitní reakce se specifická imunitní reakce ustanovuje až po opakovaném nebo dlouhodobém působení klíštěte. Látky obsažené ve slinách klíštěte jsou následně dendritickými buňkami kůže fagocytovány a transportovány do lymfatických uzlin, kde dochází ke zrání imunokompetentních buněk a následné tvorbě protilátek a paměťových buněk. Paměťové buňky hrají velice významnou roli při dalším styku s klíštěcími antigeny v procesu tzv. sekundární imunitní reakce, během které je množství produkováných protilátek a reakce imunitního systému na infekční hrozbu mnohem rychlejší a větší (Matějovská, 2008).

V souvislosti s opakovaným sáním klíštěte se můžeme u hostitele setkat se specifickým jevem, který nazýváme kožní basofilní hypersenzitivní reakce. Jedná se o zánětlivou reakci obranného charakteru, která je zprostředkována basofily (bílé krvinky). Faktory, které se během této reakce uvolňují, následně zabraňují plnohodnotnému sání klíštěte, vlivem kterého pak není klíště schopno naklást dostatečné množství vajíček a dochází tak ke snížení jeho rozmnožovací schopnosti. V některých případech může dojít i ke smrti klíštěte (Matějovská, 2008).

Stejně jako jiní parazité je i klíště schopno potlačovat imunitní odpověď organismu hostitele. Jeho sliny obsahují látky schopné ovlivnit produkci cytokinů, látek vážících se specificky na membránové receptory, které spouštějí signalizaci v cytoplazmě a tu přenášejí do buněčného jádra, kde dochází k přepisu příslušných genů, cytokiny působí jako mediátory přirozené imunity (Trebichavský, 2013). Ve slinách klíštěte nalezneme i další látky ovlivňující expresi antigenů či produkci a diferenciaci imunokompetentních buněk (Matějovská, 2008).

Jaký vliv mají látky obsažené ve slinách klíštěte na T a B-lymfocyty, složky imunitního systému? V klíštěcích slinách nalezneme řadu látek, mající vliv na funkci T-lymfocytů, jsou to například látky inhibující produkci regulačních cytokinů, které usměrňují diferenciaci a množení T-lymfocytů nebo látky vážící se na T buněčný receptor, které inhibují

jeho schopnost rozpoznat antigen a následně tuto informaci zanést do buňky. Vazba inhibitoru má za následek opětné snížení proliferace T-lymfocytů (Matějovská, 2008).

Obdobně se ve slinách klíštěte objevují látky mající vliv na činnost B-lymfocytů, které jsou odpovědné za produkci specifických protilátek. Byly zde izolovány specifické proteiny inhibující proliferaci B-lymfocytů, ale i látky mající silné imunosupresivní účinky (Matějovská, 2008).

Lze tedy říci, že látky obsažené v klíštěcích slinách mají komplexní vliv na činnost lidského imunitního systému a jeho specifické imunitní odpovědi, obsahují látky inhibující činnost T a B-lymfocytů a zároveň snižují projevy zánětu a hypersenzitivní reakce (Matějovská, 2008).

Během sání se do těla klíštěte dostává z krve hostitele i řada protilátek, zejména imunoglobulin třídy G (IgG), který má schopnost procházet skrze stěnu střeva klíštěte do jeho tělní dutiny, zde se IgG naváže na specifický faktor BP za vzniku komplexu, který se následně dostává do slin klíštěte, odkud je zanesen zpět do těla hostitele. Klíště se tímto způsobem brání před poškozením vnitřních orgánů (Matějovská, 2008).

2.2 Mechanismus přenosu patogenů z klíštěte na hostitele

Látky oslabující imunitu hostitele, které nalezneme ve slinách klíštěte, napomáhají k přenosu nebezpečných patogenů do těla hostitele. V případě klíšťat, ale i dalších krevsajících parazitů můžeme hovořit o slinami aktivovaném přenosu patogenů, což znamená, že patogenní částice využívají proteiny a supresivní vliv slin klíštěte pro své šíření do těla hostitele. Bylo prokázáno, že sliny klíštěte obecného mají schopnost inhibovat pohlcovací schopnost fagocytů (Matějovská, 2008).

Již dříve existovaly teorie o šíření patogenů do těla hostitele za pomoci proteinů, které obsahují klíštěcí sliny, ovšem jeden z těchto prokazatelných „přenašečů“ byl teprve objeven až v nedávné době. Protein Salp 15, který má vliv na funkci a aktivaci T-lymfocytů, je zároveň využíván bakterií *Borrelia burgdorferi* k přenosu do těla hostitele. *Borrelia burgdorferi* je původcem závažného onemocnění lymeská borelióza (Matějovská, 2008).

Protein Salp 15 se při přenosu naváže na povrchový antigen borrelie, čímž zvýší její schopnost přenosu do těla hostitele. Během pokusů bylo následně zjištěno, že pokud dojde k inhibici tohoto proteinu, dojde k radikálnímu snížení schopnosti borrelie pronikat do těla

hostitele, objev tohoto proteinu vědcům poskytl nové možnosti v boji proti šíření borrelie, ale i dalším přenášeným patogenním mikroorganismům (Matějovská, 2008).

Zjištění, že některé proteiny obsažené ve slinách klíštěte napomáhají šíření patogenů, je tedy nutné využít při vývoji nových vakcín, které by nepůsobily pouze na jejich původce, ale zároveň by bránily přenosu samotných patogenních částic do těla hostitele. Prvním takto vyrobeným typem vakcíny se stala Bm86, která byla využita v boji proti šíření závažných protozoálních onemocnění skotu v tropických a subtropických oblastech (Matějovská, 2008).

Pro tvorbu co možná nejúčinnějších vakcín je třeba nalézt další proteiny, které jsou dostatečně imunogenní, tedy takové, které vyvolávají u imunizovaných zvířat intenzivní tvorbu konkrétních protiklíštěcích látek. Odhalení co možná největšího počtu klíštěcích antigenů spojených s přenosem patogenních částic a jejich následná definice může v následujících letech vést k vývoji velice efektivní a účinné vakcíny (Matějovská, 2008).

3. Aktivita klíštěte obecného na území ČR

Údaje o aktivitě klíštěte obecného vydává Český hydrometeorologický ústav každé pondělí a čtvrtek v součinnosti se Státním zdravotním ústavem. Jedná se o týdenní výhled poskytující informace o pravděpodobné aktivitě klíšťat, tedy „*podíl klíšťat, která jsou připravena k napadení hostitele, na celkové populaci klíštěte v dané lokalitě. To znamená, že čím větší je počet takto "aktivních" klíšťat, tím vyšší je i prezentovaný stupeň rizika*“ (ČHÚ, 2018). Tento týdenní výhled (Obr. 11) je pak dostupný přímo na webu Českého hydrometeorologického ústavu: <http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/ceska-republika/predpoved-aktivity-klisat>

Rozlišujeme celkem deset stupňů aktivity klíštěte, kdy číslo 1 představuje nejnižší možnou aktivitu a číslo 10 pak nejvyšší možné riziko:

- Stupeň **1 a 2** = malé riziko
 - Doporučení: při pohybu ve vegetaci zvolit vhodný oděv z hladké látky světlé barvy, během pobytu v terénu si průběžně kontrolovat oděv a případně odstranit na něm přichycená klíšťata, večer a ráno kontrola celého těla
- Stupeň **3 a 4** = mírné riziko
 - Doporučení: aplikace vhodného repelentu, nelehat a nesedat ve vegetaci, večer a ráno kontrola celého těla, okamžité odstranění přisátých klíšťat
- Stupeň **5 a 6** = středně velké riziko
 - Doporučení: aplikace repelentu, nelehat a nesedat ve vegetaci, nepohybovat se ve křoví, večer a ráno prohlídka celého těla, okamžité odstranění klíšťat
- Stupeň **7 a 8** = velké riziko
 - Doporučení: aplikace repelentu, nesedat a nelehat ve vegetaci, omezit pohyb na okraji lesa, podél vodních toků, v listnatém mlázi, večer a ráno prohlídka celého těla

- Stupeň 9 a 10 = nejvyšší riziko
 - Doporučení: aplikace repelentu, nevstupovat volně do smíšených a listnatých lesů, pohybovat se pouze po zpevněných cestách, večer a ráno prohlídka celého těla, okamžité odstranění přisátého klíštěte (ČHÚ, 2018)

Den v týdnu	úterý	středa	čtvrtek	pátek	sobota	neděle
Datum	25.9.2018	26.9.2018	27.9.2018	28.9.2018	29.9.2018	30.9.2018
Stupeň aktivity	2	2	3	3	2	2

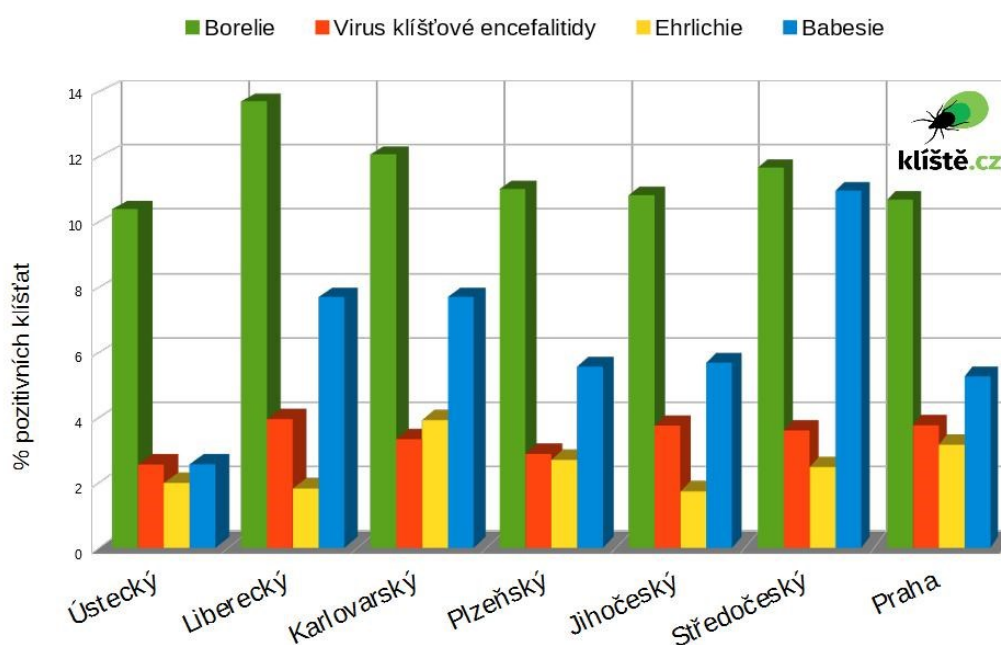
Obr. 11. Tabulka týdenního výhledu předpovědi aktivity klíšťat pro týden 25.–30. září 2018. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/ceska-republika/predpoved-aktivity-klisat>

3.1 Promořenost klíšťat přenášenými nemocemi v jednotlivých krajích ČR

Následující grafy (Obr. 12. a 13.) poskytují alespoň částečnou představu o stavu a promořenosti klíšťat v jednotlivých krajích, u kterých byla zkoumána přítomnost patogenů způsobujících tato onemocnění: borelióza, encefalitida, ehrlichioza a babezióza (Klíště.cz 2018 C).

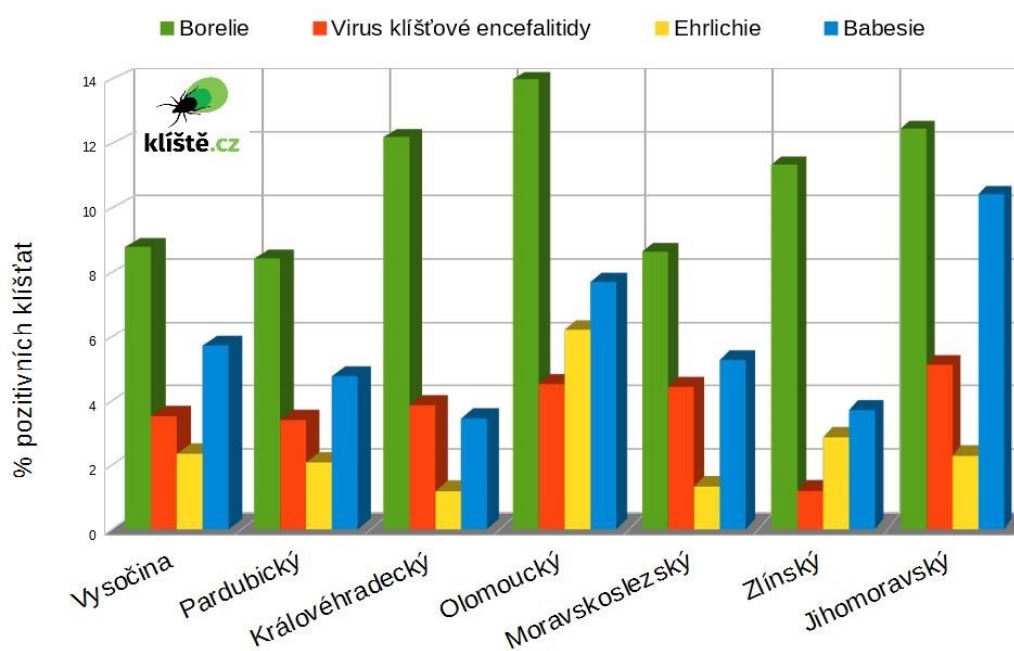
V grafech byly použity informace získané z více než deseti tisíc vzorků klíšťat, vytažených z lidské kůže během let 2006 až 2017 (Klíště.cz 2018 C).

Výskyt infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích



Obr. 12. Graf výskytu infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/vyskyt-nakazenych-klisat-v-krajich>

Výskyt infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích



Obr. 13. Graf výskytu infikovaných klíšťat v jednotlivých krajích. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/vyskyt-nakazenych-klisat-v-krajich>

Z grafů je patrné, že nejvíce infikovaných klíšťat přenášejících lymeskou boreliózu nalezneme v Olomouckém a Libereckém kraji, kde podíl infikovaných klíšťat v populaci dosahuje zhruba 14 %. Celkově pak v jednotlivých krajích dosahuje podíl infikovaných klíšťat v průměru 11 %. Nejnížší podíl nakažených klíšťat pak nalezneme v Pardubickém kraji, kde tento podíl tvoří 8 % (Klíště.cz 2018 C).

Výskyt viru klíšťové encefalitidy se průměrně ve všech krajích pohybuje kolem hranice 3 %. Zvýšené procento výskytu pak můžeme pozorovat v Jihomoravském kraji, naopak nejnížší procento výskytu zaujímá Zlínský kraj.

V případě výskytu onemocnění způsobeného ehrlichii byl průměrný výskyt v jednotlivých krajích okolo hranice 2,4 %. Zvýšené procento výskytu ehrlichie v klíštěcí populaci můžeme pozorovat v kraji Olomouckém, nejnížší procento výskytu pak v kraji Královéhradeckém.

Posledním zkoumaným, a v těchto grafech zobrazených byl výskyt babesie. Průměrně se v jednotlivých krajích vyskytovalo okolo 7 % infikovaných klíšťat v populaci. Nejvyšších hodnot pak dosahoval Středočeský a Jihomoravský kraj, kde se procento výskytu infikovaných klíšťat pohybovalo okolo hranice 10 %. Nejnížších hodnot dosahoval výskyt babesie v Ústeckém kraji.

Mezi další závažné patogeny, které klíšťata přenáší, patří tularemie a patogeny rodu *Bartonella*. Přítomnost tularemie byla prokázána v Praze, Libereckém, Středočeském a Jihočeském kraji. *Bartonella* pak byla zjištěna v Praze, Jihočeském, Olomouckém, Středočeském, Moravskoslezském kraji a na Vysočině. Celkové procento výskytu těchto onemocnění na území České republiky je nízké (Klíště.cz 2018 C).

3.2 Onemocnění přenášená klíšťaty na území České republiky

Onemocnění přenášená klíšťaty na území České republiky jsou vyvolána řadou patogenních mikroorganismů, které jsou přenášeny mezi zvířaty a lidskou populací vektorem, nejčastěji klíštětem. Mezi nejčastější onemocnění přenášená klíšťaty řadíme Klíšťovou encefalitidu, lymeskou boreliózu, ehrlichiozu, bartonellózu, babesiózu a rickettsiózu (SZÚ, 2008). V následujících kapitolách budou tato onemocnění podrobně rozebrána.

4. Klíšťová encefalitida

Klíšťová encefalitida je závažné virové onemocnění vyvolané virem v rámci rodu *Flavivirus* a čeledi *Flaviviridae*, která je pojmenována podle svého prototypového zástupce viru žluté zimnice (Růžek, et al. 2015).

Onemocnění klíšťovou encefalitidou bylo poprvé popsáno v roce 1931 rakouským lékařem H. Schneiderem, který toto sezónní onemocnění pojmenoval jako „Epidemische akute Meningitis serosa“. Ovšem virus jako původce tohoto onemocnění byl objeven až o několik let později v roce 1937 ruskými vědci, kteří virus klíšťové encefalitidy detekovali v lidských i zvířecích subjektech a klíšťatech *Ixodes persulcatus* (klíště sibiřské) (Růžek et al., 2015).

V následujících letech proběhl na území SSSR rozsáhlý výzkum nového onemocnění, byla sestavena virologická expedice, kterou tvořili např. L. A. Zilber, J. N. Levkovičová či M. P. Čumakov, tato expedice se na dálném východě zabývala zkoumáním viru klíšťové encefalitidy na zástupcích *Ixodes persulcatus*. V Evropské části Sovětského svazu byl virus klíšťové encefalitidy poprvé izolován až v letech 1942–1943 v souvislosti s epidemií mezi sovětskými vojáky během druhé světové války (Růžek et al., 2015).

V této době byl zároveň odhalen přenos klíšťové encefalitidy i mezi zástupci *Ixodes ricinus* (klíště obecné) a v roce 1946 byl tento virus izolován L. A. Zilbertem na území Běloruska (Růžek et al., 2015).

Na území České republiky byly objeveny případy neuroinfekcí vyvolaných klíšťovou encefalitidou poprvé v roce 1948 v Čechách na Berounsku, Strakonicku, Novobydžovsku a na Moravě v oblasti Vyškovska. Ojediněle byli nakažení klíšťovou encefalitidou hlášeni i v okolí Prahy. Nejzávažnější oblastí výskytu encefalitidy se stalo Vyškovsko, kde bylo v roce 1948 hlášeno na 56 nakažených (Růžek et al., 2015).

V izolaci viru klíšťové encefalitidy na území České republiky a zároveň i první izolaci tohoto viru ve střední Evropě měl klíčovou roli dr. František Galia, který jej v roce 1948 izoloval z mozkomíšního moku nakažených pacientů v oblasti již zmíněného Berounska. Sám se však encefalitidou nakazil při manipulaci s virem necelý měsíc po tomto objevu. Po nedostatečném zotavení z prodělané nemoci se následně nakazil jinou laboratorní infekcí, které nakonec v roce 1950 podlehl (Růžek et al., 2015).

Dalším významným mužem, který přispěl k objevu klíšťové encefalitidy a mechanismu jejího přenosu, se stal primář J. Krejčí, který poukázal na fakt, že u většiny nakažených došlo v 75 % k nakažení po nedávném přisátí klíštěte. František Galia společně s dr. Josefem Rampasem následně prokázali přítomnost nově objeveného viru u různých vývojových stádií klíštěte obecného, čímž prokázali, že přenašečem tohoto onemocnění je právě klíště a virus byl pojmenován „virus československé klíšťové encefalitidy“ (Růžek et al., 2015).

Následně byl výskyt klíšťové encefalitidy prokázán i v dalších evropských zemích jako Maďarsko (1952), Polsko (1954), Rakousko (1955) a v roce 1960 východní Německo (Růžek et al., 2015).

Virus klíšťové encefalitidy je členěn na tři antigenní subtypy, odpovídající třem genotypům: evropský, dálnovýchodní a sibiřský. Evropský subtyp je reprezentován řadou kmenů pocházejících z Česka, Německa, Rakouska, evropské části Ruska, ale i jiných evropských zemí včetně části Koreje a Sibiře. Dálnovýchodní subtyp pak reprezentují virové kmeny z Ruska, Japonska, Číny, Ukrajiny a dalších zemí. Poslední sibiřský subtyp zahrnuje kmeny z centrální části Sibiře a je příbuznější dálnovýchodnímu subtypu (Růžek et al., 2015).

U jednotlivých subtypů se liší i průběh nemoci a rizika vyplývající z onemocnění. Evropský subtyp klíšťové encefalitidy má dvoufázový průběh. V první fázi dochází u postiženého k rozvoji řady symptomů jako u běžné chřipky, bolesti hlavy, žaludeční nevolnost, hypertenze či zvýšená tělesná teplota. Tato fáze se u některých jedinců nemusí vůbec projevit. Druhá fáze se následně rozvíjí u 20 až 30 % pacientů, je doprovázena meningitidou, meningoencefalitidou nebo encefalomyelitidou. Průběh druhé fáze bývá mírný, fatální následky nastanou u méně než 1 % pacientů (Růžek et al., 2015).

Průběh onemocnění u dálnovýchodního subtypu je charakterizovaný závažným průběhem, během kterého se u nakažených rozvíjí fokální meningoencefalitida či polyencefalitida. U takto postižených pacientů dochází často k paralýzám končetin a ve 20 až 60 % případů končí onemocnění smrtí. Některé virové kmeny dálnovýchodního subtypu mohou u postižených vyvolat silné krvácení do trávicí soustavy (hemoragický syndrom) doprovázené vznikem krvácivých ložisek na sliznicích. Projevem krvácivého syndromu je přítomnost červených krvinek v moči, po rozvinutí této fáze dochází k úmrtí nakaženého v průměru dvou až tří dní (Růžek et al., 2015).

Průběh onemocnění u sibiřského subtypu má mírnější průběh doprovázený horečkami, ve většině případů nedochází k paralýzám či smrti nemocného, avšak byla u těchto virových kmenů pozorována tendence vyvolat u postiženého chronickou infekci (Růžek et al, 2015).

4.1 Historie šíření klíšťové encefalitidy

Podle některých teorií se původní kmeny viru klíšťové encefalitidy rozšířily do oblasti centrální Evropy z Dálného východu. Tyto teorie předpokládají, že ke klíčovému šíření viru došlo ve středověku v souvislosti s obchodním transportem dobytka z Mandžuska na západní Sibiř. Zhruba před 420 lety byl tento virus nucen adaptovat se z východního typu klíštěte *Ixodes persulcatus* (klíště sibiřské) na západní typ tohoto klíštěte, díky čemuž došlo ke vzniku sibiřského subtypu viru klíšťové encefalitidy. Další šíření pak nastalo během 17. století v součinnosti s kolonizací Sibiře, virus se tak rozšířil do oblasti severozápadního Ruska a Pobaltí, zde se pak zástupci sibiřského subtypu dostali do kontaktu s klíštětem *Ixodes ricinus* (klíště obecné) a došlo tak ke vzniku evropského subtypu klíšťové encefalitidy, která se následně začala šířit po celé Evropě (Růžek et al., 2015).

4.2 Infikování hostitele virem klíšťové encefalitidy

K infikování hostitelského organismu virem klíšťové encefalitidy může dojít třemi způsoby. Nejfrekventovanější je přenos virové částice při sání infikovaného klíštěte na hostiteli. Méně častý způsob nákazy je při konzumaci nedostatečně tepelně upravených mléčných výrobků, především z kozího a ovčího mléka. Posledním způsobem nákazy je tzv. laboratorní nákaza, ke které může dojít při nešetrné manipulaci s infikovaným materiálem (Růžek et al., 2015).

Nejčastěji k nákaze dochází při sání klíštěte na hostiteli, jeho hypostom pronikne do tkáně hostitele a dojde k přenosu patogenních částic prostřednictvím slin klíštěte. Klíštěcí sliny obsahují řadu látek zabraňujících srážení krve, ale i látky potlačující imunitní odpověď hostitele či látky bránící vzniku zánětlivého procesu (viz kapitola 2.). Při sání dochází k narušení kapilár hostitele, vlivem čehož může dojít ke krátkodobé virémii. V místě vpichu pak dochází ke zmnožení virových částic v různých buněčných typech či podkoží. Následuje migrace virových částic, která je zprostředkována Langerhansovými buňkami z podkoží do lymfatických uzlin. V lymfatických uzlinách dochází k dalšímu zmnožení virových částic

v přítomných makrofázích. Po této fázi množení jsou virové částice uvolňovány do krevního řečiště a nastává tzv. primární virémie (Růžek et al., 2015).

Během primární virémie jsou virové částice prostřednictvím krve zaneseny do různých tkání a orgánů, kde dochází k jejich opětovnému pomnožení a následnému uvolňování zpět do krevního řečiště a objevuje se sekundární virémie (Růžek et al., 2015).

Sekundární virémie může trvat i několik dní, je doprovázena řadou příznaků podobných chřipce. Během této fáze pronikají virové částice skrze hematoencefalickou bariéru, která představuje přechod mezi krevními kapilárami mozku a mozkovou tkání, do centrální nervové soustavy. V CNS napadá především neurony, v experimentálních podmínkách byla prokázána infekce i u astrocytů, které na infekci reagují produkcí různých prozánětlivých cytokinů a chemokinů, které mohou působit neurotoxicky a zhoršovat tak stav nemocného (Růžek et al., 2015).

Virus klíšťové encefalitidy se množí v neuronech míchy, kmene mozkového, mozečku, bazálních gangliích a mozkové kůry. Vyvolává poruchy sluchu, hybnosti končetin či okohybných svalů, způsobuje poruchy v držení a hybnosti těla. V důsledku poškození hypothalamu dochází u nakaženého k poruchám srdeční frekvence. U těžších forem nákazy může docházet k poruchám vědomí, obrnám horních a dolních končetin, obrně jazyka a lícních svalů, poruše polykání (Růžek et al., 2015).

Průběh zánětlivé reakce v mozku postiženého má dvě fáze. Během první fáze dochází k nespecifické aktivitě makrofágů a granulocytů, druhá fáze je pak charakterizována specifickou obrannou reakcí zprostředkovanou pomocí monofágů, lymfocytů a makrofágů. Infekce centrální nervové soustavy s sebou nese bouřlivou aktivaci imunitního systému spojenou se zvýšenou produkcí prozánětlivých cytokinů a jiných mediátorů. V případě infikování klíšťovou encefalitidou je průběh aktivace imunity mnohem bouřlivější než v případě nakažení jiným typem virové encefalitidy (Růžek et al., 2015).

V některých případech může silná imunologická odpověď nakaženému spíše uškodit a vést k další destrukci neuronů, lze tedy říci, že průběh klíšťové encefalitidy představuje jakýsi imunologický konflikt, mezi ochrannou rolí a imunopatologickou reakcí imunitního systému (Růžek et al., 2015).

Během specifické imunitní odpovědi se tvoří látky reagující s virovými antigeny, jsou to zejména látky ze tříd imunoglobulinů G a M. Tyto protilátky je možné detekovat v mozkomíšním moku, jsou zde přítomny už v raných fázích onemocnění. Nejprve se tvoří

imunoglobuliny M, které dosahují nejvyšších hodnot zhruba dva týdny od propuknutí nákazy. Imunoglobuliny G lze v mozkomíšním moku detekovat po dobu 11 až 13 měsíců, tato dlouhodobá přítomnost protilátek u pacientů ukazuje na poměrně dlouhou či celoživotní imunitu vůči prodělané infekci (Růžek et al., 2015).

4.3 Faktory ovlivňující průběh onemocnění klíšťovou encefalitidou

Závažnost průběhu onemocnění klíšťovou encefalitidou může být ovlivněn řadou faktorů. Mezi tyto faktory patří samotné kmeny klíšťové encefalitidy, kterými se hostitel nakazil či množství virových částic, které se při sání dostaly do těla hostitele. O průběhu onemocnění v některých případech rozhoduje stav imunity, věk, pohlaví jedince či genetické dispozice. Je obecně známo že starší lidé snášejí průběh onemocnění mnohem hůře s častějšími trvalými následky. Nezanedbatelnou roli představují i genetické dispozice, tedy geny, které se uplatňují při správné funkci specifických receptorů, které představují první linii v kontaktu s patogenní částicí, správná vazba receptoru a ligandu spouští signální kaskádu, na jejímž konci dochází k produkci cytokinů a chemokinů, které mají vliv na činnost T a B-lymfocytů (Růžek et al., 2015).

4.4 Výskyt klíšťové encefalitidy v přírodě

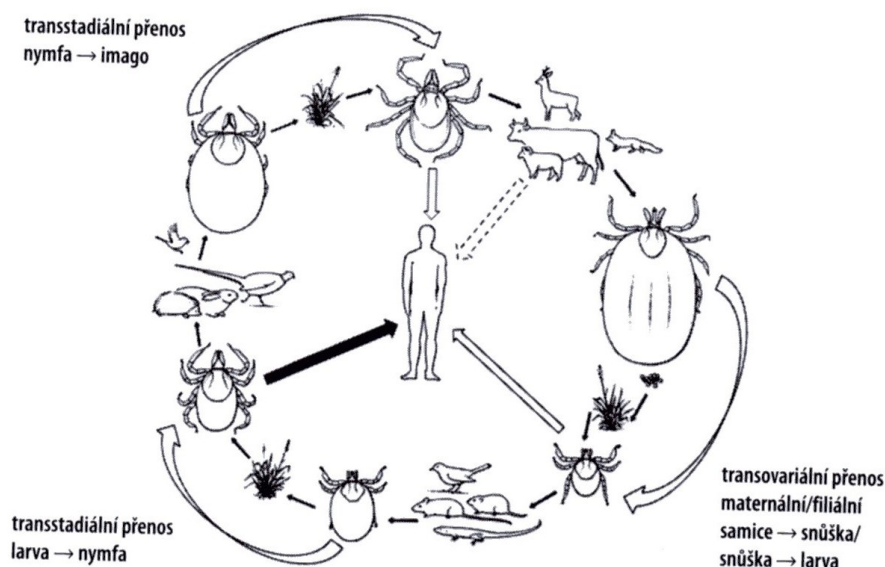
Virus klíšťové encefalitidy patří mezi skupinu virů, které mají schopnost rozmnožovat se v těle hostitele, vytvářet virémii a zároveň být přenášeny na nové hostitele prostřednictvím přenašeče, jedná se tedy o biologický přenos (Růžek et al., 2015).

Přenašečem (vektorem) viru může být v případě klíšťové encefalitidy krevsající hmyz či roztoči. Přenos viru může probíhat následujícími způsoby (Obr. 14.) jako: horizontální, vertikální, transstadiální, transovariální, maternální či filiální (Růžek et al., 2015).

- **Horizontální přenos** – klíště přenáší virus na hostitele
- **Vertikální přenos** – klíště se při sání na viremickém hostiteli infikuje
- **Transstadiální přenos** – virus přechází z jednoho vývojového stádia na vyšší, to vyplývá ze životního cyklu klíštěte a potřeby každého vývojového stádia sát krev
- **Transovariální přenos** – přenos viru infikovanou samicí na další generaci
- **Maternální přenos** – přenos viru na vajíčka, byl prokázán asi v 19 %

- **Filiální přenos** – infikovanost vajíček ve snůšce, byl zjištěn jen v desetínách procenta 0,2 až 0,8 % (Růžek et al., 2015)

Koloběh viru v přírodě je dán vzájemným vztahem mezi klíštětem a hostitelem (klíště představuje přirozený rezervoár infekce), virem a hostitelem, virem a klíštětem.



Obr. 14. Koloběh viru klíšťové encefalitidy během jednotlivých vývojových stádií klíštěte obecného (Růžek et al., 2015)

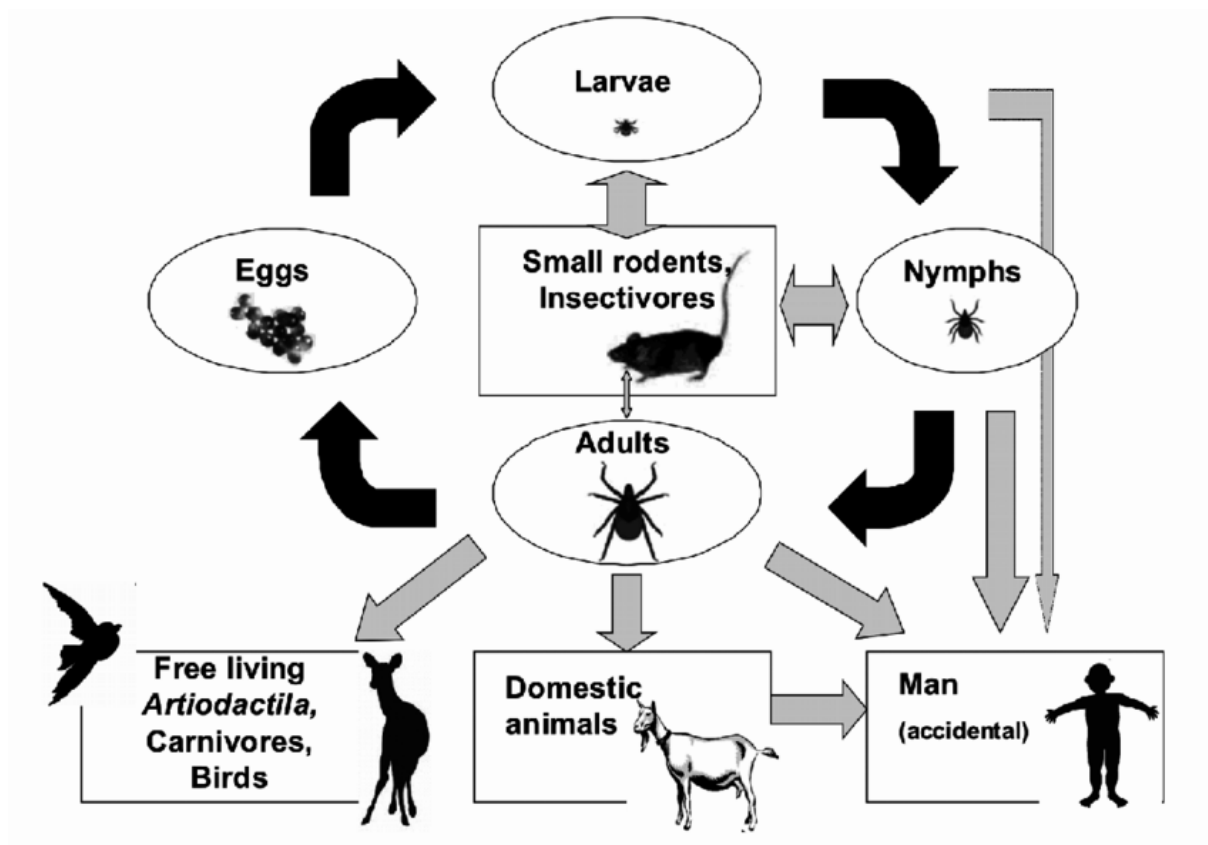
- **Virus-klíště.** Zásadní pro soužití viru a klíštěte je schopnost viru pronikat do tkáně klíštěte a zde se replikovat. Virus musí být schopen odolat trávicím enzymům střeva klíštěte a následně překonat střevní bariéru a proniknout do slinných žláz (Růžek et al., 2015).
- **Virus-hostitel.** Schopnost virových částic pronikat do lymfy a krve hostitele a zde se replikovat (Růžek et al., 2015).
- **Klíště-hostitel.** Vztah, který je dán atraktivitou hostitele, ekologickými a klimatickými aspekty prostředí a vzájemným výskytem v prostoru a čase (Růžek et al., 2015).

4.5 Koloběh viru klíšťové encefalitidy v přírodě

Celkový počet infikovaných klíšťat virem klíšťové encefalitidy je velice proměnlivý v čase a prostoru. Areál rozšíření klíšťové encefalitidy v Evropě je menší než celkové rozšíření jeho hlavního přenašeče klíštěte obecného, např. virus klíšťové encefalitidy se nevyskytuje na Britských ostrovech či v západní části Evropy (Růžek et al., 2015).

Tento jev je dán jednak zjištěním, že populace klíštěte obecného není v rámci Evropy geneticky jednotným druhem, vědci rozeznali celkem deset skupin populací, které jsou vázány na určité části Evropy. Neméně důležitým zjištěním bylo, že v západních oblastech Evropy tvoří populace klíštěte obecného menší část druhového spektra klíšťat napadající člověka, ale i drobné hlodavce, na tento jev mají patrně vliv odlišné lokální klimatické podmínky (Růžek et al., 2015).

Základním článkem koloběhu klíšťové encefalitidy v přírodě (Obr. 15.) jsou teplokrevní obratlovci, zejména drobní hlodavci jako myšice (myšice lesní, myšice křovinná). Tito hlodavci poskytují viru velice vhodný prostředek šíření, vyplývající z jejich způsobu pohybu v přírodě, kde se stávají zdrojem potravy především pro larvy klíštěte. Mezi další významné hostitele řadící se do tohoto koloběhu můžeme zařadit např. norníka rudého, hraboše mokřadního, veverku obecnou, ježka východního či drobné hmyzožravce jako rejsek obecný nebo krtek obecný. Z větších savců se jako hostitelé viru uplatňuje spárkatá lovná zvěř (srnec obecný, jelen lesní, prase divoké), ale její význam v koloběhu klíšťové encefalitidy je spíše uváděn v souvislosti s udržení populace klíštěte, jako vhodného zdroje příjmu krve, zároveň představují tito větší savci prostředek pro šíření klíšťat i viru v rámci jejich přirozené migrace. Hostitelem viru se v řadě případů mohou stát i hospodářsky využívaná zvířata (kozy, ovce, skot), k jejichž nakažení encefalitidou dochází nejčastěji v souvislosti s pastvou, zároveň tato skupina zvířat představuje pro člověka značné riziko možnosti nákazy klíšťovou encefalitidou, neboť tento virus má schopnost pronikat do mléka a po nedostatečném tepelném opracování může prostřednictvím mléčných produktů infikovat lidského hostitele, viz např. Rožňavská epidemie podrobně popsaná v kapitole 4.6 (Růžek et al., 2015).



Obr. 15. Koloběh viru klíšťové encefalitidy v přírodě. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-ixodid-tick-and-transmission-cycle-of-TBE-virus-Black-lines-show-the-cycle_fig1_221917470

Další skupinu hostitelů v rámci koloběhu klíšťové encefalitidy v přírodě představují ptáci různých taxonů i ekologických nároků, např. bažant obecný, káně lesní či sýkora koňadra, avšak jejich význam v celkovém pojetí koloběhu viru klíšťové encefalitidy nebyl plně objasněn (Růžek et al., 2015).

4.6 Historie výskytu klíšťové encefalitidy na území ČSR, epidemie v Rožňavě

Klíšťová encefalitida se začala šířit Evropou zejména po druhé světové válce, na našem území byl tento virus poprvé izolován v roce 1948, avšak jeho přítomnost zde je pravděpodobná už v dobách minulých. V padesátých letech minulého století, pak na našem

území propukla jedna z největších epidemií klíšťové encefalitidy ve střední Evropě (Dáňová a Janovská, 2002).

V období mezi 20–28. dubnem 1951 došlo v dnešním slovenském městě Rožňava a v okolních obcích Rudná a Nadabula k onemocnění několika set lidí. Prvotní příznaky nákazy ukazovaly na docela obyčejnou chřipku – postižení byli schvácní, stále se jim chtělo spát, trpěli bolestí hlavy a zvýšenou teplotou, u některých se navíc objevily žaludeční obtíže, zánět horních cest dýchacích a krvácení z nosu. I přes tyto příznaky zde nebyl důvod k většímu znepokojení a nemocní, byli po 3 až 4 dnech propuštěni do domácího léčení.

Teprve 4. května 1951 přijali v Rožňavské nemocnici mladou dívku s diagnostikovaným zánětem mozku. Za několik dní už byly takto postiženy desítky nemocných a další přibývali, dne 12. května bylo evidováno na 151 nakažených a tento počet nebyl zdaleka konečný (Daniel, 1985).

Do Rožňavy byli pozváni odborníci z Košic a Bratislavy, aby pomohli tuto vážnou situaci řešit. Mezitím však docházelo ke stále častějším projevům paniky mezi lidmi. Lékařské konzilium ustanovené v Rožňavě nejprve začalo řešit otázky davové psychózy a její dopady na další obyvatelstvo. Proto byl odpovědnými odborníky vytvořen leták, který měl tuto situaci zklidnit. Leták informoval veřejnost o zatím neidentifikované nemoci, která nakaženým lehce podráždí mozkové blány, ale končí uzdravením. Rozbouřená hladina veřejného mínění se díky němu trochu uklidnila, ale příliv pacientů neustával, v nemocnici bylo tou dobou evidováno na 237 pacientů.

V této době už působili v Rožňavě přední českoslovenští odborníci z řad internistů, neurologů a mikrobiologů, kteří se sjednotili v úsilí pomoci nemocným. První poznatky směřovaly k tomu, že nákaza mohla být rozšířena pitnou vodou nebo potravinami, ale protože nebylo rozdílu mezi nakaženými, kteří používali vodu z vodovodu nebo z vlastních studní, byla možnost šíření vodou vyloučena (v té době nebyl znám původce onemocnění: zánět mozku nemusí být pouze virového původu). Další pozornost se soustředila na místní mlékárnu, která byla v žalostném stavu. Její pasterizační přístroj byl rozbit, mléko shromažďované od drobných hospodářů bylo jen mícháno, odstředováno, následně chlazeno a prodáváno v Rožňavě a okolních vesnicích. Mléko bylo dováženo i do učňovského internátu. Ovšem kvalita mléka byla v těchto neobvykle horkých dnech velice špatná, při sváření se sráželo, a proto se tedy ve školní kuchyni používalo v syrovém stavu.

Epidemiologové následně potvrdili svou domněnku o nákaze obyvatel z mléka (v této době bylo už nakažených na 660 a téměř všichni odebírali mléko z rožňavské mlékárny) a zároveň prokázali, že se skutečně jedná o nákazu virového původu. Další rozbor prokázaly,

že se jedná o virus klíšťové encefalitidy. Ale jak se mohl tento virus dostat do mléka? A kde zůstala klíšťata? Nic podobného nebylo v té době zmíněno v literatuře ani mezi lékaři a epidemiology známo. V mlékárně se nenašly žádné důkazy, které by vedly k závěru, že bylo mléko infikováno zde. Zbývala poslední možnost: mléko se do mlékárny dostalo už infikované. Epidemiologové se rozjeli po okolí a pátrali. Rozhodující nález je čekal v obci Hrušov, kde epidemiologové našli další nakažené, vykazující stejné příznaky jako nakažení v Rožňavě. Konečná stopa vedla k jedné hrušovské rodině, která encefalitidou onemocněla, přestože nebyla napadena klíšťaty, nepila mléko z rožňavské mlékárny, ale pila mléko od vlastních koz a toto mléko i dodávala do rožňavské mlékárny, kde se mísilo s mlékem kravským a dále distribuovalo.

Šíření viru klíšťové encefalitidy mlékem infikovaných savců nebylo před rožňavským případem dokumentováno, a proto bylo nutné vytvořit novou hypotézu. Při spásání trávy došlo k nakažení koz virem encefalitidy díky sání infikovaných klíšťat, a tato nákaza se v kozách pomnožila a rozšířila i do mléčných žláz. Po několika letech byla tato hypotéza potvrzena bratislavskými virology. Ti navíc prokázali, že kozí mléko v případě nakažení obsahuje mnohem větší množství viru než mléko kravské (Daniel, 1985).

4.7 Výskyt klíšťové encefalitidy v ČR

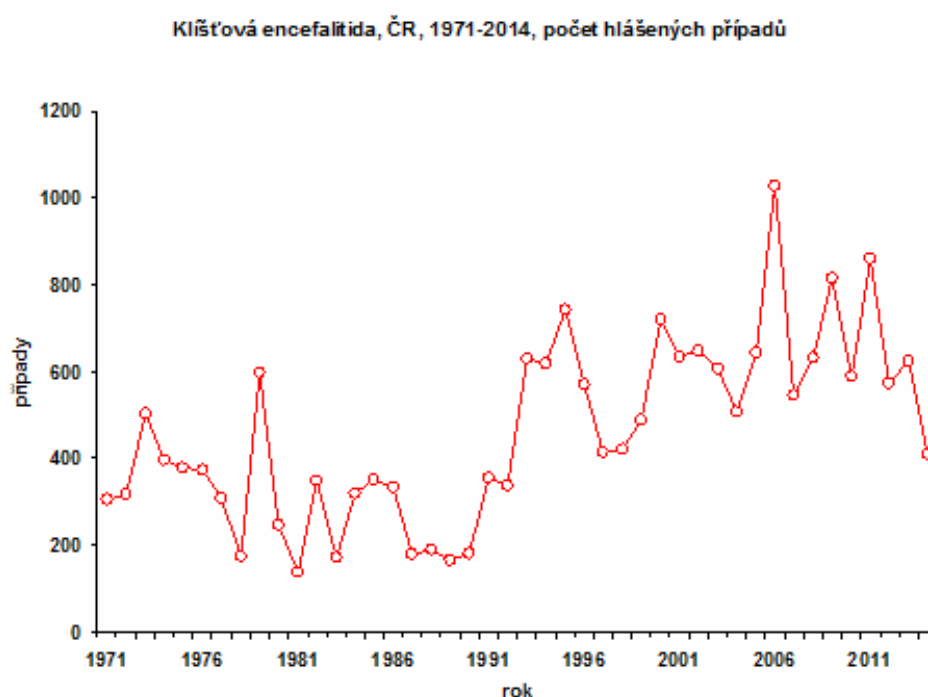
Počet diagnostikovaných pacientů infikovaných klíšťovou encefalitidou v ČR se ročně pohybuje v průměru okolo 600 jedinců (Klíště.cz 2018 D). Do statistik výskytu klíšťové encefalitidy na území České republiky jsou zaznamenány pouze laboratorně potvrzená onemocnění, která jsou hlášena od počátku sedmdesátých let (Obr. 16.) na základě výnosu Ministerstva zdravotnictví (Kříž et al., 2015).

Do roku 1990 byl průměrný počet nakažených v jednotlivých letech v zásadě konstantní s trendem meziročních výkyvů, které se objevují zhruba ve 2 až 5 letých intervalech, v těchto obdobích docházelo ke zvýšení počtu nakažených, avšak průměrná nemocnost se nezvyšovala (Kříž et al, 2015).

K nárůstu počtu nakažených došlo až v průběhu devadesátých let v souvislosti se změnami klimatu. Nejvyšší nemocnost byla pak zaznamenána v roce 2006, kdy dosahovala 1029 případů (10/100 000 obyvatel). V následujícím roce došlo ke snížení počtu nemocných, ale v roce 2008 můžeme pozorovat opětovné zvýšení nemocnosti na 631 případů nakažení. V roce 2009 bylo evidováno na 816 případů a v roce 2010 589 případů (Kříž et al., 2015).

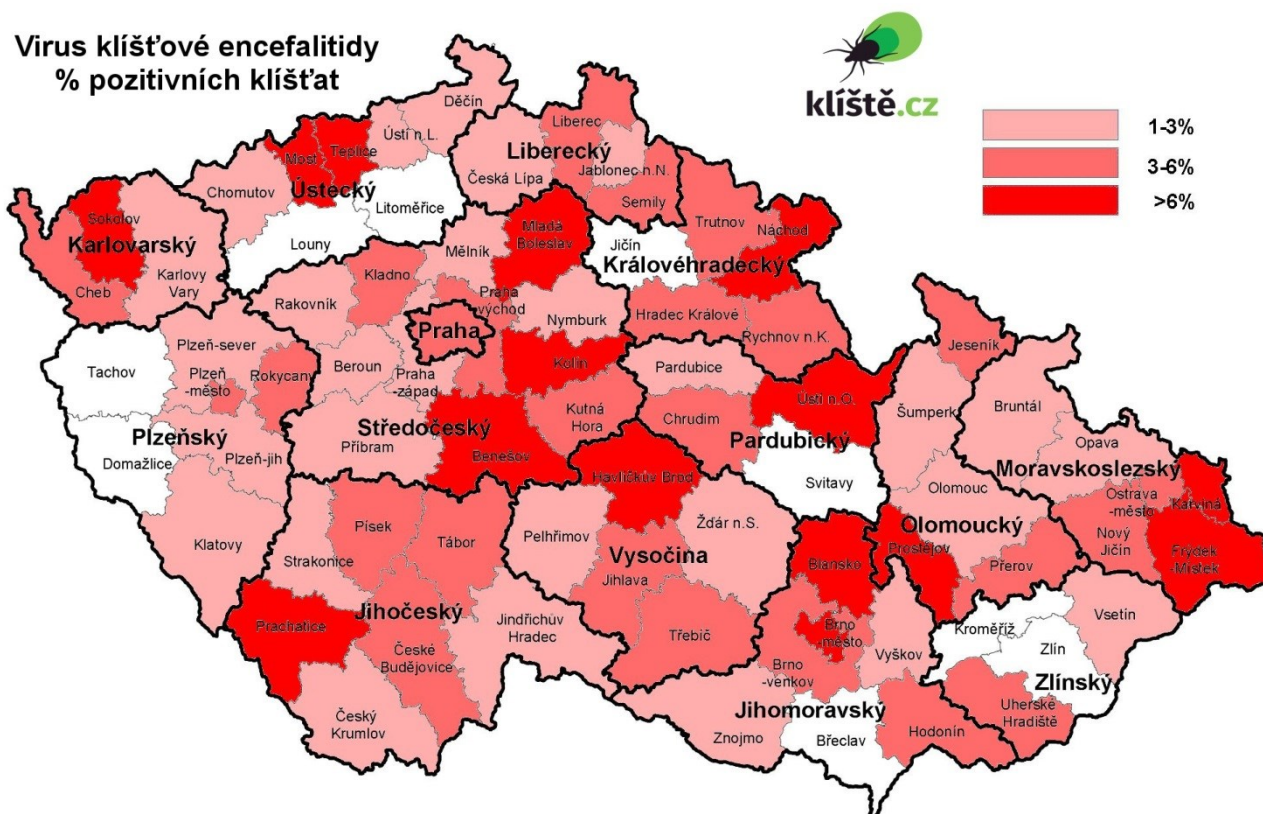
Zlomovým se stal rok 2011, kdy došlo k opětovnému zvýšení počtu nemocných na 861 jedinců (nemocnost 8,2/100 000 obyvatel). V roce 2012 lze opět pozorovat sestupný trend v počtu nakažených, celkem bylo evidováno na 573 nakažených osob (nemocnost 5,5/100 000 obyvatel). Následující rok pak bylo zaznamenáno 625 nemocných (nemocnost 5,9/100 000 obyvatel). V roce 2014 došlo k razantnímu snížení počtu nakažených na 410 osob, nemocnost 3,9/100 000 obyvatel (Kříž et al., 2015).

V roce 2015 pokračoval sestupný trend počtu nakažených klíšťovou encefalitidou jako v předešlém roce, avšak v roce 2016 byl opět evidován nárůst nemocných na 565 osob (Kříž et al, 2017).



Obr. 16. Počet hlášených případů onemocnění klíšťovou encefalitidou v letech 1971 až 2014. Převzato z práce Kříž, Gašpárek a Šebestová (2015).

Na následující mapce (Obr. 17.) pak můžeme vidět procentuální rozšíření infikovaných klíšťat klíšťovou encefalitidou v jednotlivých krajích a okresech v letech 2006 až 2017.



Obr. 17. Mapa výskytu infikovaných klíšťat klíšťovou encefalitidou v jednotlivých okresech. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/mapy-vyskytu-infikovanych-klisat-v-cr>

4.8 Léčba a očkování vůči viru klíšťové encefalitidy

Za účinnou prevenci před onemocněním klíšťové encefalitidy považujeme aktivní imunizaci inaktivovaným virem klíšťové encefalitidy (Rozsypal, 2015), ale ani očkování neposkytuje člověku 100% ochranu. Vzhledem k plošnému výskytu viru klíšťové encefalitidy na našem území je očkování doporučeno pro dospělé i děti. Základní očkování se stává ze tří dávek účinné látky, kterou je po určitém časovém intervalu nutné přeočkovat. Některé zdravotní pojišťovny poskytují svým klientům na toto očkování finanční příspěvek. Mezi velice účinné vakcíny patří např. FSME-IMMUN (Pozorklíště.cz 2018).

Během nakažení virem klíšťové encefalitidy jsou nemocnému podávána léčiva zmírňující projevy onemocnění jako antipyretika, antiemetika či analgetika a látky zmírňující otoky mozku např. kortikoidy či manitol (Rozsypal, 2015).

5. Lymeská borelióza

Lymeská borelióza je onemocnění způsobené bakteriemi, spirochetami rodu *Borrelia*, konkrétně bakterií *Borrelia burgdorferi*. Tato nákaza je nejčastěji přenášena infikovanými klíšťaty, dle místa kde byla tato nemoc poprvé popsána, se nazývá lymeská: obec Lyme ve státě Connecticut (Bednář et al, 1996).

Onemocnění lymeskou boreliózou se vyznačuje řadou příznaků, které mohou být projevem postižení různých orgánů kůže, kloubů, svalů, centrálního a periferního nervstva. Zároveň během onemocnění dochází u nakaženého ke střídání fází, kdy můžeme pozorovat přechodné vymizení příznaků následované akutní fází, která může trvat i několik měsíců (Bartůněk et al., 2013).

První zmínky o lymeské borelióze nalezneme už na konci 19. století. V roce 1883 dermatolog Buchwald, popsal chronické kožní onemocnění pojící se s touto nemocí a o několik let později byla popsána i erythema migrans, avšak původce onemocnění nebyl odhalen (Prokeš, 2015). V následujících letech se objevila řada teorií vzájemné vazby erythemy migrans, chronického kožního onemocnění, postižení nervového systému a podezření padlo na spirochety (Bartůněk et al., 2013).

Zlom v pátrání po původci lymeské boreliózy nastal až v osmdesátých letech dvacátého století v souvislosti s epidemií revmatoidní artritidy, která propukla v okolí obce Lyme v USA. Lékaři po vypuknutí onemocnění pozorovali na tělech nakažených přítomnost kožního erythému, navíc byla tato oblast známá zvýšeným výskytem klíštěte *Ixodes dammini*. Tyto skutečnosti přivedly lékaře k objevu lymeské nemoci, v roce 1982 byl následně popsán i její původce spirocheta rodu *Borrelia* (Bartůněk et al., 2013).

Spirochet rodu *Borrelia* nalezneme na území Evropy řadu kmenů. Spirochety žijí výlučně jako parazité závislé na hostiteli, volně žijící nebyly zatím popsány. Ne všechny druhy spirochet jsou však pro člověka patogenní, mezi další prokazatelně patogenní patří např. *Borrelia afzelii*, *B. garinii*, *B. valaisiana*, *B. spielmanii*, které jsou původci lymeské boreliózy (Prokeš, 2015).

Borrelia afzelii je nejčastějším původcem chronického kožního onemocnění. *Borrelia garinii* je spojována s neurologickými symptomy a *Borrelia burgdorferi* se symptomy vyvolávající onemocnění kloubů. Všechny tyto kmeny se podílejí na vzniku erythemy migrans (Obr. 18).



Obr. 18. Erythema migrans. Dostupné z:
https://www.cdc.gov/lyme/signs_symptoms/rashes.html

Míra rozšíření jednotlivých kmenů borrelií v Evropě není rovnoměrná, *B. garinii* je typická spíše pro oblasti západní Evropy, *B. afzelii* je rozšířena v centrální části Evropy a ve Skandinávii, *B. burgdorferi* je zastoupena v celém regionu Evropy, nevyskytuje se v Rusku, Finsku a Asii (Bartůněk et al., 2013).

5.1 Koloběh boreliózy v přírodě

Přirozeným rezervoárem borrelií v přírodě jsou divoce žijící obratlovci (zejména hlodavci a hmyzožravci), kteří mohou být infikováni spirochetami během sání klíštěte, čímž nepřímou napomáhají k udržení a šíření nákazy mezi dalšími hostiteli.

Některé studie prokázaly různou vnímavost klíšťat vůči jednotlivým kmenům borrelií a zároveň prokázaly i vazbu některých kmenů na konkrétní druh klíštěte. Počet hostitelů infikovaných *B. burgdorferi* je mnohem větší než v případě jiných kmenů. Je to patrně dáno životním cyklem klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*), který je tříhostitelský a každé ze životních stádií klíštěte (larva, nymfa, dospělec) saje na odlišném spektru hostitelů (Bartůněk et al., 2013).

Ve vývojovém cyklu klíštěte obecného přijímá krev každé vývojové stádium, které se v případě styku s infikovaným hostitelem stává rovněž infekční. Spirochety mají schopnost přecházet z jednoho vývojového stádia klíštěte na druhé, avšak v případě transovariálního

přenosu byl prokázán nežádoucí vliv, způsobující degeneraci vajíček či poruchy při samotném procesu kladení vajíček klíštětem (Bartůněk et al., 2013).

Jak už bylo výše řečeno, nejdůležitějším faktorem pro šíření boreliózy v přírodě jsou infikovaní obratlovci, na kterých klíšťata sají. Po nasátí se borrelie dostávají do střeva klíštěte, kde se usídlí a následně pomnoží. Po množení pronikají skrze střevní stěnu do hemolymfy, kterou jsou roznášeny do dalších orgánů klíštěte včetně slinných žláz. Při opětovném přisátí pronikají borrelie obsažené ve slinách do tkáně hostitele, kterého infikují. Některé studie uvádějí, že během prvních několika hodin po přisátí klíštěte je riziko nakažení borreliemi poměrně nízké, naopak toto riziko stoupá s prodlužující se dobou sání (Bartůněk et al. 2013).

Další cestou jak se borreliemi nakazit je nešetrná manipulace s infikovaným klíštětem, byl prokázán přenos skrze infikovaný trus klíštěte, který může být v některých případech zanesen do rány hostitele (Bartůněk et al., 2013).

Velikým rizikem nákazy jsou pro člověka drobné nymfy, které můžeme mnohdy na svém těle přehlédnout. *Borrelia burgdorferi* vyvolává u větších obratlovců příznaky podobné symptomům projevujících se u nakaženého člověka, u hlodavců je nákaza bezpříznaková a přetrvává v jejich těle po celý jejich život, aniž by vyvolala onemocnění (Bartůněk et al., 2013).

5.2 Infikování hostitele bakteriemi *Borrelia burdorferi*

Po přisátí klíštěte dochází zhruba v průběhu 24 až 48 hodin k průniku borrelií do kůže, kde se v tomto důsledku vyvine typická kožní léze. Bakterie, které se dostaly do hostitelovy tkáně, se následně začínají v místě infekce množit, nebo mohou pronikat do krve (Bartůněk et al., 2013).

Šíření borrelií po těle hostitele je relativně dlouhodobý proces u člověka v řádu dvou až čtyř týdnů, v počáteční fázi infekce byly borrelie nejčastěji identifikovány v kůži, játrech, slezině, kostní dřeni, lymfatických uzlinách a varlatech. Centrální nervový systém je borreliemi zasažen zhruba v průběhu druhého až třetího týdne. Borrelie následně během dvou až tří měsíců osídlí i další orgány jako klouby, svaly, nervovou tkáň, kůži a podkoží, kde mohou přežívat měsíce i roky, během této doby může být tento stav bez symptomů nebo může být doprovázen klinickými příznaky (Bartůněk et al., 2013).

Při průniku borrelií do těla hostitele se uplatňuje imunitní systém, v podobě specifické i nespecifické imunitní odpovědi. V experimentálních podmínkách byla u spirochet borrelií zjištěna schopnost zabíjet lidské T a B-buňky (Bartůněk et al., 2013).

5.3 Průběh onemocnění lymeskou boreliózou

Průběh onemocnění lymeskou boreliózou můžeme rozdělit do tří stádií, která však během onemocnění nemusí vždy všechna proběhnout. V prvním stádiu se u nakaženého lymeskou boreliózou objevuje typický znak, červená skvrna s bílým středem (erythema migrans, viz obrázek 18.), doprovázená zvětšenými uzlinami, bolestmi hlavy, kloubů, svalů a únavou. Její identifikace na pokožce infikovaného patří mezi důležité ukazatele při stanovení diagnózy (Bednář et al., 1996). Erythema migrans dosahuje průměrné velikosti v řádu několika centimetrů a klinicky můžeme rozlišit celkem tři typy:

- **Anulární erythema** – šíří se do okolí červeným lemem a hojí se v centrální části, viditelný centrální výbled
- **Homogenní erythema** – může i nemusí se šířit do okolí, centrální část zůstává zarudlá po celou dobu
- **Terčovitá erythema** – může mít podobu dvou či více soustředných kruhů, kdy se střídá jednotlivá mezikruží světle červené, tmavě červené barvy (Prokeš, 2015)

Ve druhém stádiu dochází k šíření borrelií krevním řečištěm do důležitých orgánů. Tato fáze je rovněž doprovázena bolestmi kloubů a dále pak záněty srdeční svaloviny či zánětem mozkových blan (Bednář et al., 1996). V některých případech se může dostavit částečné ochrnutí končetin či lícového nebo hlavového nervu. V této fázi můžeme u nakažených dále pozorovat přítomnost migrujícího erytému (Vaništa a Marešová, 2003). Dalším projevem tohoto stádia je v některých případech i borreliový lymfocytom (Obr. 19), namodralý uzlíček který vzniká za 1 až 70 dnů od přisátí klíštěte, dosahující velikosti od několika milimetrů až do 5 centimetrů. Ve většině případů se u nakaženého objeví pouze jeden lymfocytom, ale mohou se objevit dva i tři, nejčastěji jej nalezneme na nosu, ušních boltcích či na dvorci prsní bradavky jeho přítomnost je doprovázena zánětem mízních uzlin (Prokeš, 2015).



Obr. 19. Borreliový lymfocytom. Převzato z práce Prokeše (2015)

Mezi příznaky třetího stádia se řadí zánětlivé chronické onemocnění kůže charakterizované atrofií ztenčením kůže, záněty velkých kloubů jako rameno, koleno, loket a kotník doprovázené destrukcemi chrupavky a nervového systému. U těhotných žen se může infekce přenést i na plod (Bednář et al., 1996).

5.4 Diagnostika

Diagnostika v případě borrelií zahrnuje jak přímé tak nepřímé metody, které využíváme k prokázání jejich přítomnosti v těle hostitele. Mezi přímé metody řadíme pozorování elektronovým mikroskopem, kožní biopsii a vyšetření PCR (Prokeš, 2015).

- Diagnostika elektronového mikroskopu pomocí negativního barvení.
- Diagnostika kožní biopsií má úspěšnost až 90%, je však velice pracná a nehodí se tudíž k rutinnímu užití.
- Diagnostika konvenční polymerázovou řetězovou reakcí (PCR), která je schopna odhalit borreliovou DNA. K vyšetření se využívá synoviální tekutina či mozkomíšní mok (Bartůněk et al., 2013).

Další možností diagnostiky borrelií je využití nepřímých diagnostických metod mezi které řadíme imunofluorescenci (IFA), metodu ELISA a Western blot (WB).

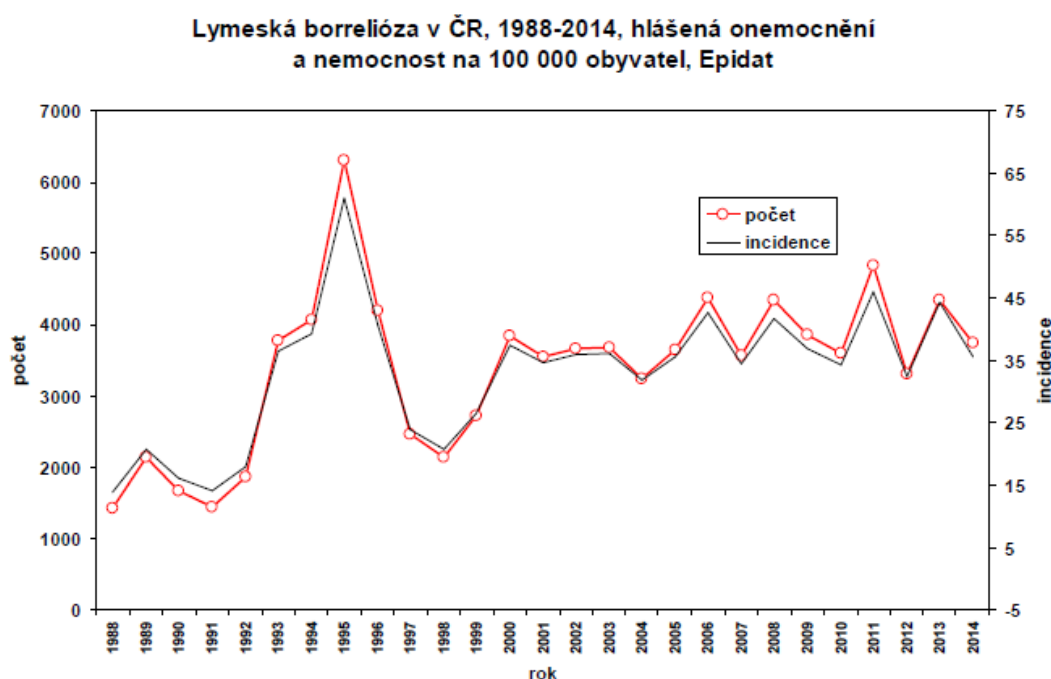
- Diagnostika nepřímou imunofluorescencí (IFA) za pomoci protilátek IgM nebo IgG reagujícími s infikovanými buňkami, nebo přímo borreliemi na sklíčku.

- Diagnostika metodou ELISA, založenou na specifické interakci mezi antigenem a protilátkou, využívá se jako screeningová metoda (Bartůněk et al., 2013).
- Diagnostika metodou Western bloty (WB), využívaná k detekci specifického proteinu ze skupiny proteinů extrahovaných z buněk (Mahmood a Yang, 2012).

5.5 Rozšíření lymeské boreliózy na území České Republiky

Lymeská borelióza patří na území České republiky k nejfrekventovanějšímu onemocnění přenášené klíštětem obecným (*Ixodes ricinus*) a to i především díky vhodným podmínkám, které zde klíště nachází (Bartůněk et al., 2013).

Na našem území došlo k zavedení laboratorní a klinické diagnostiky lymeské boreliózy v roce 1986, kdy byla tato nákaza rovněž zařazena mezi povinně hlášené infekce. Od té doby také můžeme evidovat počty hlášených případů onemocnění (Bartůněk et al., 2013) – viz Obr. 20. Všichni lékaři mají povinnost nahlásit každý diagnostikovaný případ lymeské boreliózy včetně epidemiologických údajů, které jsou hlášeny na Krajskou hygienickou stanici, odkud jsou tyto údaje elektronicky zasílány na MZČR a posléze do Státního zdravotního ústavu, kde dochází k jejich analýze (Kříž a Gašpárek, 2015).



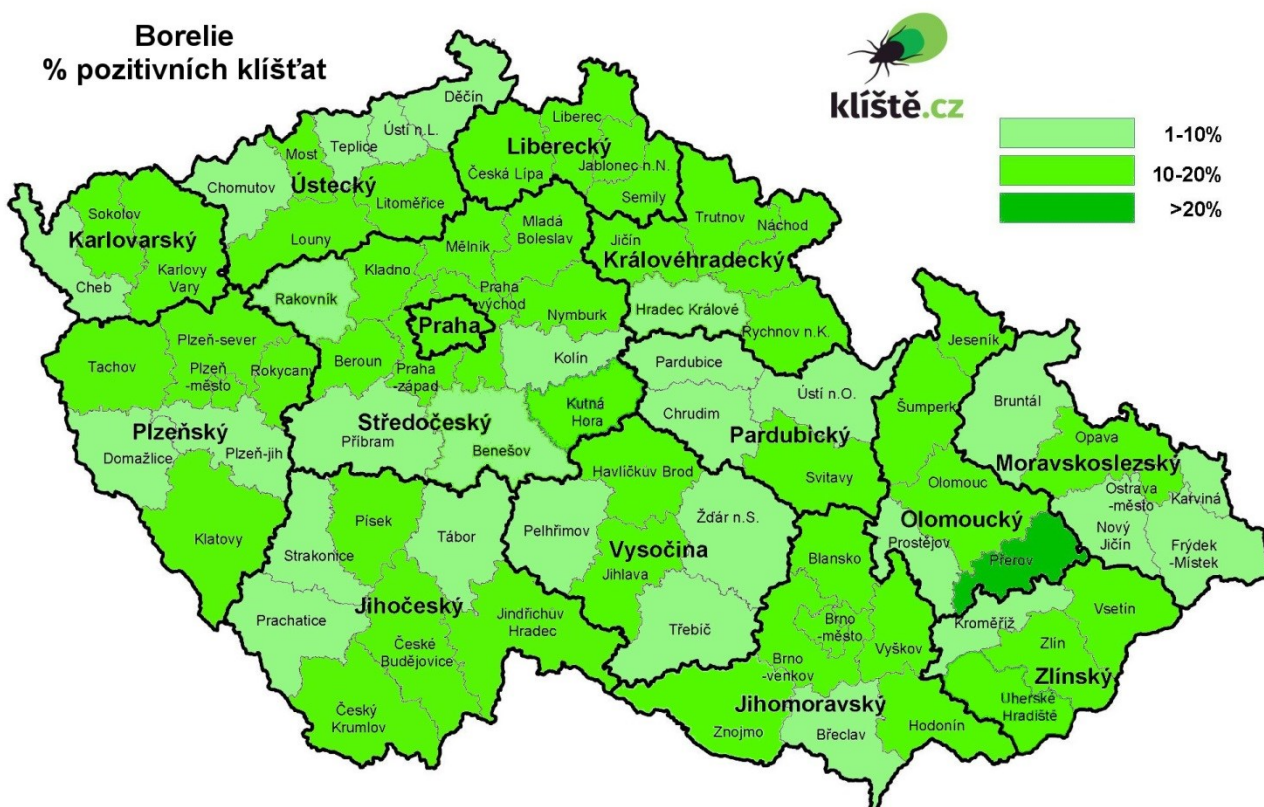
Obr. 20. Lymeská borelióza v ČR od roku 1988-2014 (Kříž a Gašpárek, 2015)

Na počátku zavedení laboratorní a klinické diagnostiky počet nakažených stoupal se zvýšenou frekvencí v letech 1993 a 1994 s vrcholem v roce 1995, kdy bylo evidováno na 6302 případů (nemocnost 61,2/100 000 obyvatel) nakažených. V následujících letech můžeme pozorovat snížení počtu případů onemocnění až do roku 1998, kdy bylo evidováno na 2138 případů (Bednář et al., 2013).

Od roku 1999 dochází opět k nárůstu počtu nakažených s vrcholem v roce 2000, kdy bylo evidováno 3847 nakažených (nemocnost 37,45/100 000 obyvatel). V následujících letech počet hlášených případů mírně klesá, ale celková nemocnost neklesá pod hranici 32/100 000 obyvatel, k opačnému trendu následně dochází od roku 2004, kdy v roce 2011 bylo evidováno na 4834 nakažených, nemocnost 45,7/100 000 obyvatel (Bartůněk et al., 2013).

V roce 2015 došlo ke snížení počtu nemocných na 2847 osob, ale následující rok 2016 zaznamenal opět prudký nárůst nemocných na 4694 (Kříž, Gašpárek a Šebestová, 2017).

Na následující mapce (Obr. 21.) pak můžeme vidět rozšíření infikovaných klíšťat lymeskou boreliózou v jednotlivých okresech v letech 2006 až 2017.



Obr. 21. Mapa výskytu infikovaných klíšťat lymeskou boreliózou v jednotlivých okresech. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/mapy-vyskytu-infikovanych-klisat-v-cr>

5.6 Léčba lymeské boreliózy

Při léčbě lymeské boreliózy se uplatňuje řada antibiotik především ze skupin tetracyklinů, penicilinů, makrolidů a cefalosporinů, jejichž aplikace je volena dle stádia a postižení konkrétních orgánů v průběhu onemocnění (Bartůněk et al., 2013).

Po podání příslušných léčiv se obvykle u 15 % pacientů objeví do několika hodiny Jarisch-Herxheimerova reakce, která je vyvolána odumíráním borrelií a je doprovázena zvýšením tělesné teploty. Nebezpečí pro pacienta v této fázi nemoci představují nebezpečné aktivace zánětlivých reakcí v postižené tkáni (Slíva, 2010).

Přehled konkrétních antibiotik nejčastěji podávaných při léčbě lymeské boreliózy:

- **Amoxicilin** podáváme zejména u nakažených těhotných a kojících žen a dětí do 8 let věku s alergií na tetracykliny.
- **Azitromycin** je určen pro těhotné, kojící ženy a děti do 8 let, u kterých byla prokázána alergie na peniciliny.
- **Doxycyklin** je nejúčinněji působící a nejčastěji podávané antibiotikum při léčbě lymeské boreliózy, výhodou je rychlé vstřebávání do tkání a možnost dlouhodobého užívání u některých pacientů může způsobovat dráždění žaludeční sliznice.
- **Ceftriaxon** a **penicilin G** jsou nejčastěji podávány pacientům s nervovým, srdečním či kloubním postižením způsobeným vlivem onemocnění, tyto léky mají vysokou schopnost pronikat do mozkomíšního moku a synoviální tekutiny, v ideálním případě se doporučuje jejich kombinace s lékem **metronidazolem**, který působí proti cystám borrelií (Bartůněk et al., 2013).

5.7 Postboreliový syndrom

U některých pacientů se po adekvátně léčené i neléčené borelióze mohou projevit symptomy jako bolesti hlavy, kloubů, svalů, poruchy spánku, emotivní labilita či únava. Tento stav má řadu podobných znaků s únavovým syndromem a řadě pacientů může značně znepříjemnit jejich život. V současné době nemáme pro tyto stavy účinnou léčbu, opakovaná aplikace antibiotik nepřináší očekávaný výsledek, léčba je proto omezena na zmírňování

projevů symptomů na organismus. Při těžším průběhu onemocnění lze postboreliový syndrom jenom těžce odlišit od chronického stavu (Pícha, 2009).

5.8 Chronická borelióza

Chronická borelióza se může u nemocného člověka objevit měsíce či roky po prodělání onemocnění, ke chronickému stavu nejspíše dochází ve většině případů po znovu nakažením boreliózou, neboť řada pacientů, kteří již dříve lymeskou boreliózu prodělali, postrádá ochranné látky před znovu nakažením. Frekvence výskytu chronické fáze nemoci není přesně stanovena, ale propuká zhruba u 1 až 3 % pacientů. U dětí se chronická fáze prakticky nevyskytuje. Mezi projevy onemocnění patří poruchy spánku, soustředění, omezení poznávacích schopností a únava, navíc může docházet k postižením jednotlivých orgánů jako při běžném průběhu nemoci (Pícha, 2009).

I po několika letech lze při chronické fázi pozorovat neuroinfekce, které jsou lokalizovány v místě původního přisátí klíštěte či v místě jiného orgánu, kloubní infekce mohou u pacienta s přechodným vymizením příznaků přetrvávat i řadu let. U řady pacientů má lymeská borelióza tendence vyvolávat imunopatologické onemocnění, které může dále probíhat samo (Pícha, 2009).

6. Ehrlichioza

Ehrlichioza je onemocnění způsobené velice drobnými bakteriemi *Anaplasma phagocytophilum* podobným rikettsiím, které nepadají bílé krvinky (granulocyty) hostitele a způsobují závažné onemocnění, nazývané lidská granulomatózní ehrlichioza (HGE), která může v některých případech skončit i smrtí hostitele (Abuhammour, 2018).

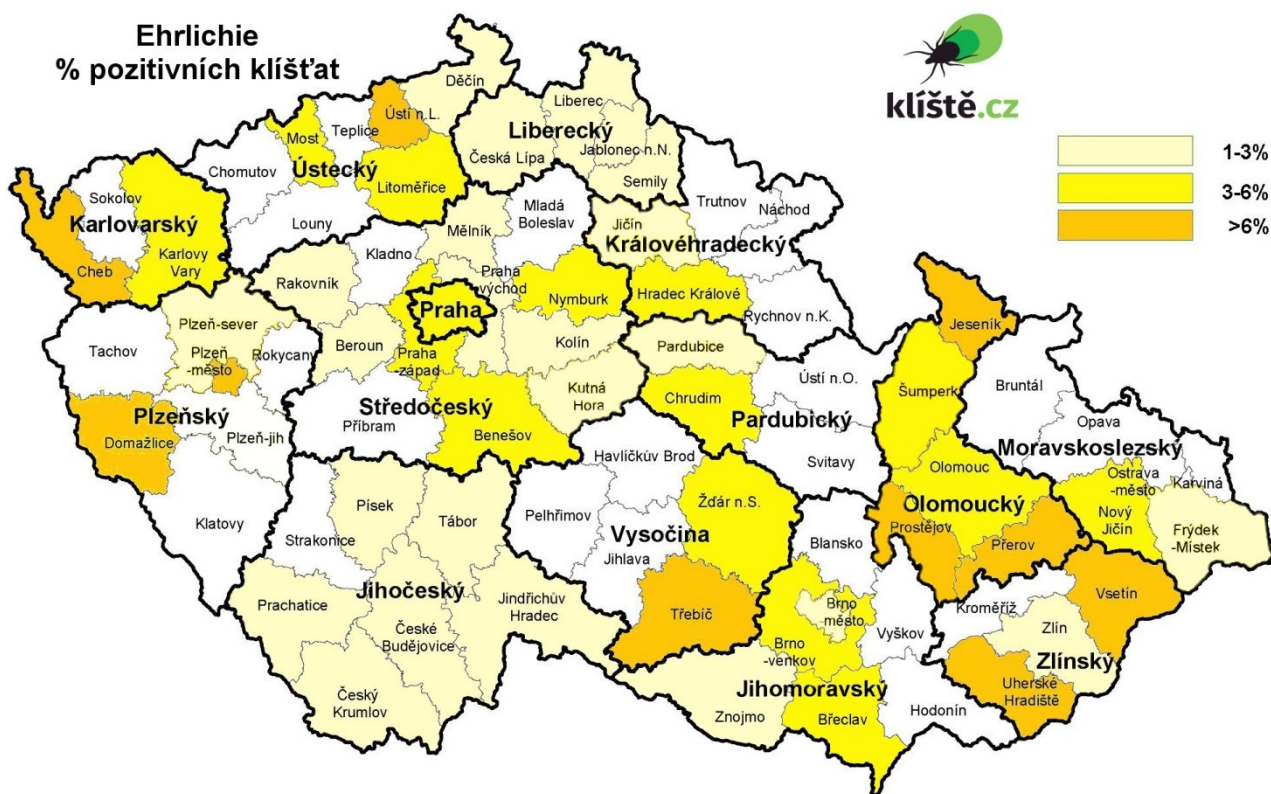
Poprvé byla *Anaplasma phagocytophilum* popsána v devadesátých letech 20. století v USA, ale je rozšířena v Evropě i České republice. Ehrlichioza bývá často zaměňována za boreliózu (Mokrejšová a Žabka, 2013).

Onemocnění se projevuje stejně jako borelióza změnami na kůži, které mohou být podobné erythemě migrans (SZÚ, 2008). Mezi příznaky doprovázející onemocnění ehrlichiozou patří horečka, únava, bolesti hlavy a kloubů, třes, bolesti břicha, nauzea, zvracení, průjemy, kašel, aseptická meningitida (Mokrejšová a Žabka, 2013).

Klinické příznaky se u hostitele obvykle rozvinou do jednoho týdne od přisátí klíštěte, v podobě akutního onemocnění. Neléčené případy mohou přejít do chronického stavu, který může u některých pacientů způsobit smrt. Obvykle bývají touto chorobou více postiženi muži než ženy a to v poměru 4:1 (SZÚ, 2008).

U řady pacientů má ehrlichioza obdobné klinické projevy jako v případě jiných onemocnění, proto je nutné co možná nejvíce zintenzivnit přesnost a frekvenci laboratorních vyšetření při identifikaci této nemoci. Běžně se v praxi užívá elektronová mikroskopie, imunocytologie či imunohistologie (Bartůněk et al., 2013).

V České republice není ehrlichioza tak rozšířeným onemocněním jako v případě klíšťové encefalitidy či lymeské boreliózy, na následující mapce (Obr. 22.) můžeme vidět rozšíření ehrlichiozy v jednotlivých okresech a krajích.



Obr. 22. Mapa výskytu infikovaných klíšťat ehrlichiózou v jednotlivých okresech.
Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/mapy-vyskytu-infikovanych-klisat-v-cr>

6.1 Průběh infekce hostitele

Po vstupu bakterií do hostitelského organismu se ehrlichie rozmnožují binárním dělením v cytoplasmě hostitelových bílých krvinek. Bakterie žijící v bílých krvinkách zde vytváří specifické útvary, tzv. moruly, které jsou v infikovaných krvinkách viditelné už po 5 až 7 dnech od nakažení. V praxi rozlišujeme dva typy ehrlichióz napadající člověka, lišící se podle toho, které bílé krvinky infikují. Prvním typem nákazy je tzv. lidská granulomatózní ehrlichióza (HGE), která napadá granulocyty a způsobuje ji bakterie *Anaplasma phagocytophilum*. Druhým typem onemocnění je lidská monocytární ehrlichióza (HME), která je způsobena bakterií *Ehrlichia chaffeensis*, infikující monocyty hostitele (Abuhammour, 2018).

Oba tyto typy – jak lidská granulomatózní ehrlichióza, tak lidská monocytární ehrlichióza – způsobují u nakažených stejné klinické projevy, obecně se označují jako ehlichiózy (Abuhammour, 2018).

6.2 Léčba ehrlichiozy

Vzhledem k tomu, že klíštěcí přenašeč a zeměpisný rozsah pro lidskou granulomatózní ehrlichiozu je obdobný jako v případě lymeské boreliózy, doporučuje se jako nejúčinnější léčba preparáty obsahující doxycyklin (Abuhammour, 2018).

V chronickém stádiu je možné využít chloramfenikol, který však vykazuje řadu nežádoucích účinků. Pro medikaci je proto nutná přesná laboratorní identifikace při laboratorním vyšetření (Klíště-prevence.cz 2019).

7. Babesióza

Babesióza je onemocnění způsobené prvoky rodu *Babesia*, zejm. *Babesia divergens* a *Babesia microti*, kteří napadají červené krvinky hostitele. Babesióza je známé onemocnění veterinárního významu u skotu, psů a koní. V současné době je však toto onemocnění stále častěji spojováno s onemocněním postihujícím člověka (Duh, Petrovec a Avsic-Zupanc, 2001).

První případ nakažení babesiózou u člověka byl zaznamenán v roce 1957 v bývalé Jugoslávii. Od té doby byly uznány celkem tři druhy babesií jako primární agens postihující člověka. V Evropě je patrně nejvíce rozšířena *Babesia divergens*, ve Spojených státech amerických pak *Babesia microti*, která byla od roku 1982 evidována u více jak 200 nakažených (Duh, Petrovec a Avsic-Zupanc, 2001).

V Evropě jsou nejvýznamnějším vektorem babesií klíšata rodu *Ixodes*, babesióza proto často doprovází onemocnění způsobené bakteriemi *Borrelia burgdorferi*, tedy lymeskou boreliózu (Duh, Petrovec a Avsic-Zupanc, 2001).

7.1 Onemocnění způsobené babesiemi

U řady lidí, kteří jsou infikováni prvoky rodu *Babesia*, je průběh onemocnění bezpříznakový. V ojedinělých případech se u nakažených projevují nespecifické příznaky jako u běžné chřipky, bolesti hlavy, horečka, zimnice, nechutenství nebo únava (CDC, 2019).

Prvoci rodu *Babesia* napadají a ničí červené krvinky hostitele, kde se množí a přežívají. V některých případech může toto onemocnění vést až tzv. hemolytické anemii, která může vést navíc ke žloutence (CDC, 2019).

Obezřetní by při této nákaze měli být především lidé, kteří přišli o slezinu, dále lidé mající sníženou obrannou schopnost imunitního systému (např. AIDS), nebo lidé trpící onemocněním ledvin či jater. Poslední rizikovou skupinu tvoří lidé pokročilého věku, zejména lidé nad 50 let, u kterých může toto onemocnění skončit i smrtí (CDC, 2019).

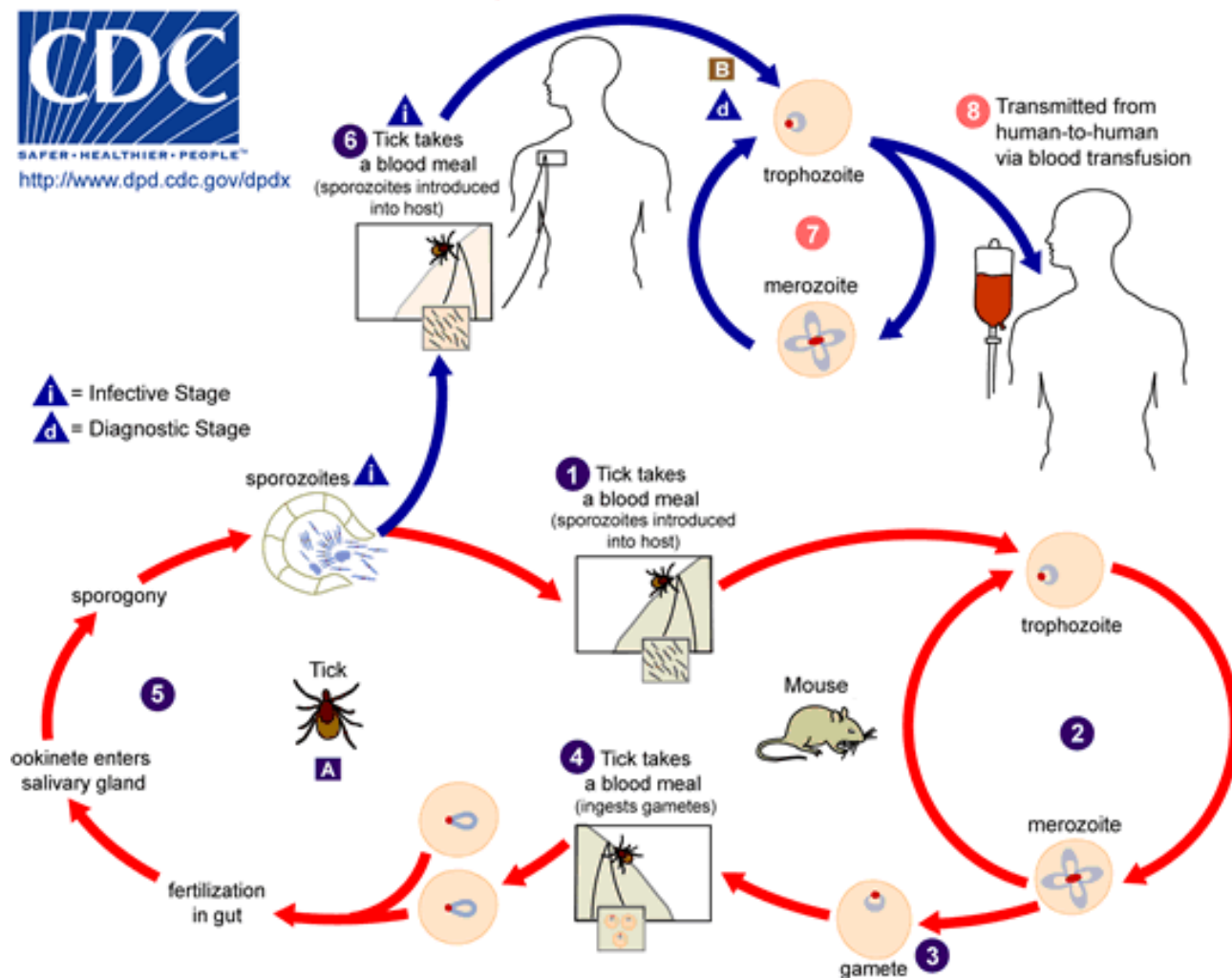
Během závažného průběhu onemocnění se mohou projevit především komplikace jako nízký a nestabilní krevní tlak, hemolytická anemie, nízký počet červených krvinek, tvorba krevních sraženin a krvácení či selhání některých životně důležitých orgánů (CDC, 2019).

7.2 Způsoby infikování babesiemi

Nejčastějším způsobem nakažení je přenos při sání infikovaného klíštěte na hostiteli. Méně častým způsobem je pak nakažení z infikované krevní transfuze, od dárce, který byl bezpříznakový. Vzácně bylo doloženo i několik případů, kdy infekce přešla od matky během těhotenství nebo porodu na dítě (Pernicová, 2019).

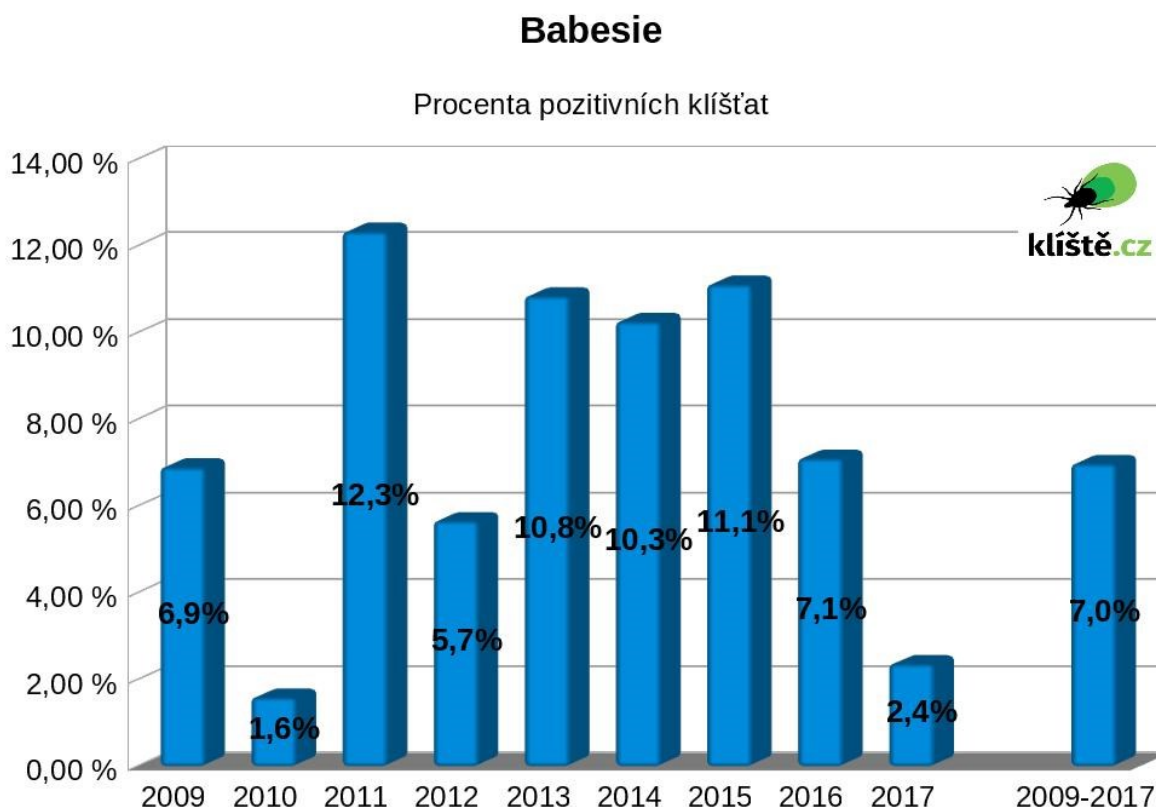
V současné době je popsáno více než 100 druhů babesií, mezi nejčastější původce onemocnění patří zejména tři zástupci tohoto rodu, *B. microti*, *B. divergens* a *B. duncani* (CDC, 2019).

Životní cyklus babesií (Obr. 23.) zahrnuje dva hostitele – klíště a hlodavce (myš), popřípadě člověka. Cyklus začíná sáním infikovaného klíštěte na obratlovci, během kterého pronikají do červených krvinek myši sporozoiti, kteří se zde asexuálně rozmnožují a následně diferencují v samčí a samičí gamety. Tyto gamety jsou následně při dalším sání na infikované myši zaneseny do klíštěte, kde dojde k jejich spojení a vstupu do slinných žláz klíštěte, kde produkují další sporozoity. V případě člověka dochází k jeho nakažení stejně jako u myši, avšak u člověka životní cyklus parazita nepokračuje. K přenosu infekce z člověka na člověka může dojít pouze ojediněle z infikované krevní transfuze (CDC, 2019).



Obr. 23. Životní cyklus babesie. 1 – sání infikovaného klíštěte na myši, vstup sporozoitů do hostitele; 2 – sporozoiti vstupují do červených krvinek myši, nepohlavní reprodukce; 3 – diferenciacie samčích a samičích gamet; 4 – nasátí gamet klíštětem; 5 – spojenie gamet, sporogonický cyklus, vznik sporozoitů a jejich zanesení do slinných žláz; 6 – vstup lidského hostitele do cyklu, po sání infikovaným klíštětem; 7 – pomnožení parazitů, vedoucí ke klinickým projevům 8 – přenos kontaminovanou krvní transfuzí. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/babesiosis/biology.html>

Následující graf (Obr. 24.) mapuje počty nakažených klíšťat babesiemi v České republice v letech 2009 až 2017 (Klíště.cz 2019).



Obr. 24. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistratech/clanek/vyskyt-infikovanych-klisat-v-jednotlivych-letech>

7.3 Léčba onemocnění

Při léčbě babesiózy je k dispozici efektivní léčba, v případě že se u nakažených neprojevují žádné symptomy, nemusejí být tito jedinci obvykle léčeni (CDC, 2019). V ostatních případech probíhá léčba pomocí antibiotik – Clindamycin, Azitromycin, (SZÚ, 2008).

8. Bartonelóza

Bartonelóza je bakteriální onemocnění způsobené bakteriemi rodu *Bartonella*, především bakterie *Bartonella henselae*, jejichž přirozeným rezervoárem jsou domácí zvířata, zejména kočky (Cotté et al., 2008).

Nejčastěji dochází k nakažení hostitele při nešetrné manipulaci s kočkou, zdrojem přenosu bakterií na hostitele je pak kočičí škrábnutí. Jako nejfrekventovanější přenašeči onemocnění jsou uváděny kočičí blechy, ovšem v posledních letech je stále častěji v souvislosti s bartonelózou uváděn jako přenašeč i klíště obecné (*Ixodes ricinus*). Klíšťaťata rodu *Ixodes* patří v Evropě mezi nejrozšířenější rody, řadou testů byl prokázán přenos bakterie *Bartonella henselae* na obratlovčího hostitele a zároveň byl prokázán i přechod bakterií mezi jednotlivými vývojovými stadii klíšťaťat (Cotté et al., 2008). Bakterie se dostávají do těla hostitele ze slinných žláz klíšťate při aktu sání na hostiteli (Cotté et al., 2008). Za možný způsob přenosu bakterií na hostitele je zvažován i přenos pomocí infikovaného trusu kočičích blech při kontaktu s poškozenou pokožkou hostitele během mazlení s kočkou (Máslová, Martinková a Vašutová, 2014).

Bartonella henselae se množí v zažívacím traktu kočičích blech a přežívá po několik dní v bleším trusu, zblešené zvíře si následně během péče o srst infikuje drápy a po následném škrábnutí hostitele dochází k nakažení hostitele (Máslová, Martinková a Vašutová, 2014).

Onemocnění vyvolané bartonellou má u zdravých jedinců většinou pouze lokální charakter a benigní průběh, dochází ke spontánnímu vyléčení nakažených. Závaznější průběh vyvolává onemocnění u jedinců s narušenou imunitou, u kterých může vést k postižení celého organismu (Máslová, Martinková a Vašutová, 2014).

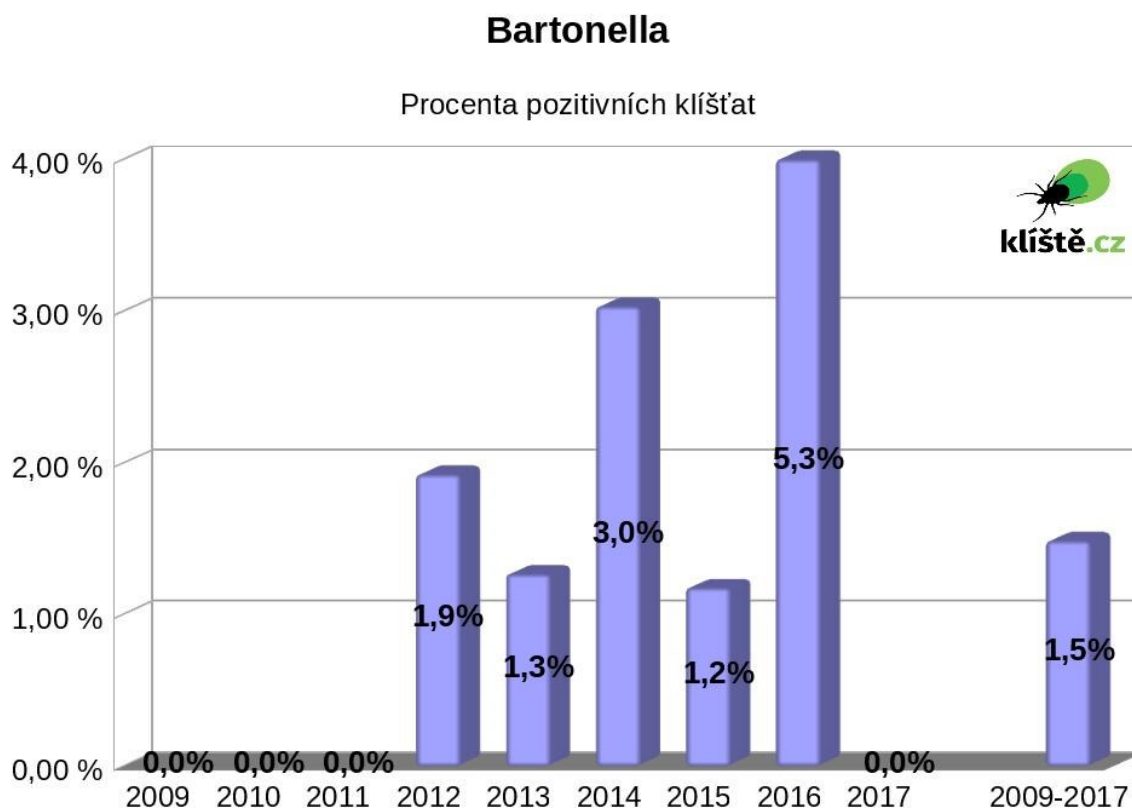
8.1 Průběh onemocnění

Po 1 až 7 týdnech od nakažení dochází u postiženého ke zduření lymfatických uzlin, mezi další projevy onemocnění patří bolesti hlavy, slabost, malátnost, únava, bolesti svalů, kloubů či očí. U jedinců s oslabeným imunitním systémem může onemocnění způsobit řadu nebezpečných komplikací jako peliózy jater a sleziny, záněty endokardu, očí či mozku (Máslová, Martinková a Vašutová, 2014).

8.2 Diagnostika a léčba

Diagnóza je stanovována pomocí metody nepřímé imunofluorescence průkazem specifických protilátek IgM a IgG (Máslová, Martinková a Vašutová, 2014). Pro následnou léčbu jsou vhodná antibiotika a to především doxycyklin (Rozsypal, 2015).

V následujícím grafu (Obr. 25.) můžeme vidět počty nakažených klíšťat *Bartonella henselae* v ČR v letech 2009 až 2017.



Obr. 25. Počet klíšťat nakažených bakterií *Bartonella henselae* v ČR v letech 2009–2017. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/vyskyt-infikovanych-klistat-v-jednotlivych-letech>

9. Tularemie

Tularemie je závažné onemocnění způsobené bakteriemi *Francisella tularensis*. Tato choroba postihuje nejčastěji divoce žijící zvířata, avšak hostitelem těchto bakterií se může stát i člověk (Larsson et al., 2005).

Tularemie je nákaza s přírodní ohniskovostí, nejčastěji infikované skupiny zvířat jsou zajíci, králíci a hlodavci. V případě vypuknutí nákazy dochází k velkým a rychlým úhynům nakažených zvířat (CDC, 2018). Lidský hostitel se může tularemií nakazit několika způsoby, od tělesného kontaktu s infikovanou zvěří, vdechováním kontaminovaných aerosolů, kontaktu s kontaminovanou vodou a v neposledním případě z kontaktu s infikovaným klíštětem (CDC, 2018).

Bakterie způsobující tularemii jsou vysoce infekční, do hostitele mohou pronikat různými způsoby, skrze ústa, kůži, plíce a oči. Příznaky onemocnění se liší dle místa vstupu bakterií do těla hostitele, přenos z člověka na člověka zatím nebyl prokázán (CDC, 2018).

Mezi prokázané přenašeče onemocnění patří i klíšťata v našich zeměpisných podmínkách nejčastěji *Ixodes ricinus*, v USA pak rod *Dermacentor*. Infekce způsobené klíšťaty jsou nejčastěji v ulceroglandulární nebo glandulární formě (CDC, 2018).

- **Ulceroglandulární:** nejběžnější forma tularémie, v místě přisátí klíště se objeví vřed (Obr. 26.), který je doprovázen otoky lymfatických žláz v podpaží či slabinách
- **Glandulární:** projevy podobné jako v případě ulceroglandulární formy, avšak bez vředu v místě přisátí klíštěte



Obr. 26. Vřed způsobený bakterií *Francisella tularensis*. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/tularemia/signssymptoms/index.html>

9.1 Diagnostika a léčba

Jak bylo výše řečeno, příznaky onemocnění se odlišují dle místa vstupu bakterií do těla hostitele. Pojítkem pro všechny formy tularemie jsou však horečky, okolo 40 °C (CDC, 2018). Samotná diagnostika onemocnění bývá velmi složitá, tularemie je velice často zaměňována za jiné onemocnění. Proto je důležité zahrnout do diagnózy údaje o kontaktu s infikovanou zvěří či kličtářem. Pro potvrzení diagnózy se využívá krevních testů (Rozsypal, 2015).

Ve většině případů dochází u nakažených jedinců po podání antibiotik k zotavení. Nejčastěji podávaná antibiotika jsou streptomycin, gentamicin či doxycyklin. V neléčené formě může onemocnění zasáhnout různé orgány nebo způsobit závažné imunopatologické jevy (Rozsypal, 2015). Jako prevence onemocnění je nejčastěji uváděna opatrnost při manipulaci se zajíci.

9.2 Zneužití *Francisella tularensis*

O možnosti využití bakterií *Francisella tularensis* jako biologické zbraně bylo uvažováno už před a během druhé světové války (Oyston et al., 2004). Pro využití těchto bakterií svědčila především možnost aerosolizovatelnosti těchto bakterií, vysoká patogenita a schopnost vyvolat oslabující nebo smrtelné onemocnění s velice nízkými dávkami bakterií (Oyston et al., 2004). Na vývoji těchto zbraní se podílelo především Japonsko a po druhé světové válce USA a Sovětský svaz. Po zrušení amerického programu na vývoj biologických zbraní v roce 1969 pokračovaly experimenty s využitím tularemie v Sovětském svazu, a to až

do devadesátých let minulého století (Oyston et al., 2004). Experimenty zahrnovaly především vytváření bakteriálních kmenů odolných vůči antibiotikům, jejichž rychlost a schopnost infikovat hostitele byla srovnatelná s *Mycobacterium tuberculosis*, způsobující plicní tuberkulózu a s infekčností vyšší než v případě *Bacillus anthracis*, vyvolávající anthrax (Oyston et al., 2004). Světová zdravotnická organizace předpověděla, že uvolnění 50 kg sušených *Francisella tularensis* nad městem s populací 5 milionů obyvatel by vedlo ke 250 000 případům onemocnění, 1 milion lidí by vyžadoval preventivní antibiotickou léčbu nejméně po dobu deseti dní, a to dokonce i v případě, že by byli pacienti vystaveni působení antibiotik do 48 hodin od nakažení, 10 % (25 000) lidí by vyžadovalo hospitalizaci a 1 % (2500) by zemřelo (Oyston et al., 2004). V současné době proto vzrůstá obava z možného využití bakterií *Francisella tularensis* jako prostředek v bioterorismu (Oyston, et al., 2004).

10. Metody sběru klíšťat

Mezi nejčastější metodu sběru klíšťat patří tzv. vlajkování. Jedná se o jednoduchou a finančně nenáročnou metodu sběru hmyzu a roztočů, kterou můžeme zcela běžně aplikovat i ve školním prostředí. Jako pomůcku pro sběr využíváme bílou látku ve tvaru čtverce, či obdélníku upevněnou na násadě (Obr. 27.). Vlastní sběr následně probíhá pomocí pohybu vlajky v půlkruzích těsně nad vegetací (LITS, 2019). Ideálním materiálem pro tvorbu vlajky je flanelová látka se středně dlouhým vláknem, která napodobuje srst zvířete. Pohybem vlajky nad vegetací dochází k přichycení klíšťat na látku. Po každém vlajkování je vhodné látku prohlédnout a pomocí entomologické pinzety posbírat přichycená klíšťata (Obr. 28.) a uložit do připravených zkumavek (Jarolímek, 2017).



Obr. 27. a 28. Vlajkování a sběr klíšťat. Dostupné z: http://hygp Praha.cz/dokumenty/klisatav-akci-hygienici-kontroluji-prazske-lesy-parky-i-louky-3110_3110_448_1.html

Další metodou, kterou lze pro odchyt klíšťat využít je sběr pomocí smýkadla. Smýkadlo nejčastěji využíváme pro sběr členovců z bylinného patra, zejména z horních dvou třetin vegetace. Smýkadlo můžeme použít v průběhu celého vegetačního období pro sběr nejen z bylinného patra, ale i ze stromů a keřů. Smýkadlo (Obr. 29.) se skládá z teleskopické tyče, rámu kruhového nebo srdíkovitého tvaru a dvouplášťového pytle, jehož vnější část je tvořena pevnější tkaninou, která chrání vnitřní síťovitou část před poškozením ostrými a pevnými částmi vegetace (LITS, 2019).



Obr. 29. Smýkadlo. Dostupné z: <http://www.heteroptera.wbs.cz/Clanky.html>

Odchyt členovců pomocí smýkadla probíhá následujícím způsobem. Smýkadlem smýkáme po povrchu vegetace opisováním tvaru ležaté osmičky ve vzdálenosti 1 až 1,5 m od těla. Samotný pohyb sítíkou musí být rychlý a energický, ale zároveň šetrný k vegetaci. Sítka musí být neustále v pohybu, aby se lovení členovci nestihli zorientovat a utéci. Po dokončení smýkání je vhodné uchopit síťku pod kruhovým rámem a stisknutím ruky vytvořit ze sítěky sáček tak, aby kořist neutekla (LITS, 2019).

10.1 Uchovávání a manipulace s klíšťaty

Po zachycení klíštěte na látce či ve smýkací síťce použijeme k manipulaci entomologickou pinzetu, která nám slouží k uchopení klíštěte. Při této manipulaci je vhodné použít i ochranné pomůcky jako gumové rukavice, abychom zamezili případným infekcím způsobených z nešetrné manipulace (infekční může být i trus a může dojít ke kontaminativní infekci). Takto uchopené klíště následně pomocí pinzety přemístíme do připravené zkumavky se stéblem trávy, či navlhčenou gázou (pro zachování vhodné vlhkosti, aby klíště nezemřelo vlivem sucha) a uzavřeme pomocí vaty či gumové zátky s jehlou, umožňující přístup vzduchu do zkumavky (Jarolímek, 2017).

Takto uskladněné klíště nám v připravené zkumavce vydrží v chladnější místnosti zhruba týden, pro prodloužení doby využitelnosti klíštěte použijeme klimabox, který temperuje stálou teplotu prostředí a může prodloužit délku uchování klíštěte až na dva týdny.

V následujících kapitolách se budeme věnovat praktickému využití metod sběru klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) v terénu a následným možnostem pozorování, zhotovení fotografií či tvorbě trvalých preparátů.

11. Návrh terénní exkurze zaměřené na sběr klíšťat

Anotace: exkurze je zaměřena na sběr klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*) ve vhodné přírodní lokalitě s využitím dostupných pomůcek a způsobu dopravy; exkurze je určena zejména pro žáky druhého ročníku vyšších gymnázií

Klíčové kompetence: kompetence k učení, komunikativní, pracovní

Očekávaný výstup: žák pozná a identifikuje klíště obecné, rozpozná rozdíly mezi samicí a samcem klíštěte, popíše tělní stavbu klíštěte obecného, vyvodí obecné znaky společné pro roztoče a parazity, umí vytipovat místa s vyšší koncentrací klíšťat a ví, jak se bránit infestaci klíštětem; ví, jak přichycené klíště odborně extrahovat

Průřezová témata: environmentální výchova – vztah člověka k prostředí, vztahy mezi organismy

Organizace učební činnosti: skupinová, individuální

Organizace prostorová: exkurze

Délka trvání: jeden den

Pomůcky: repelent, gumové rukavice, smýkadlo, vlajka, zkumavky s vloženou vlhčenou buničinou, entomologická pinzeta, lupa, vata, určovací klíč, fotoaparát, zápisník, tužka

Klíčová slova: klíště obecné (*Ixodes ricinus*), larva, nymfa, životní cyklus, encefalitida, borelióza, pohlavní dimorfismus

Nejvhodnější dobou pro terénní exkurzi zaměřenou na sběr klíšťat je období od května do června. Při výběru vhodné lokality je dobré mít vždy na paměti snadnou dostupnost a zároveň biologickou rozmanitost oblasti. Ideálním prostorem pro sběr klíšťat jsou smíšené lesy, a zejména rozhraní lesa a louky, nicméně jako vhodnou lokalitu lze využít i staré parky, pastviny či údolí řek.

Před konáním samotné exkurze proběhne nejprve instruktáž ve škole, je vhodné vyčlenit si jednu vyučovací hodinu k přípravě pomůcek (např. tvorba vlajek), zopakování teorie (životní cyklus klíštěte obecného, prevence, rozmnožování, nemoci) a nastínění průběhu a organizace nadcházející exkurze.

Exkurzi je vhodné plánovat jako půldenní nebo celodenní, délka trvání by měla být odvozena od možností a času potřebného k dopravě na zvolenou lokalitu, nejvhodnějším způsobem organizace exkurze je proto ve využití dostupných lokalit v místě školy či v blízkém okolí, v takovémto případě je důležitá i osobní znalost regionu učitelem. Zároveň je důležité mít na paměti (individuální) schopnosti žáků a pracovní tempo skupiny, pro potřeby celodenní exkurze proto bohatě postačí lokalita s rozlohou do 5 km².

11.1 Obsahová náplň a příprava programu

Před konáním samotné exkurze proběhne v rámci jedné vyučovací hodiny příprava na škole. Žáci budou rozděleni do pracovních dvojic, každá z dvojic bude mít během vyhraněného času na přípravu za úkol vyrobit vlastní vlajku, která bude jednotlivým skupinám během exkurze sloužit ke sběru členovců. Nedílnou součástí přípravy bude seznámení žáků s lokalitou, její historií i dalšími přírodními zajímavostmi, se kterými se zde můžeme během exkurze setkat. Důležitou součástí přípravy je zmínit použití vhodného oblečení pro terénní práci, ale i další důležité informace týkající se stravování, bezpečnosti, hygieny a dopravy. Nejvhodnějším způsobem sdělení závazných organizačních informací je písemnou formou, s jasně vymezenými podmínkami pro obě strany, které by měly obsahovat informace o cestě, dopravě, programu a časovém harmonogramu, důležité kontakty, povinné a doporučené vybavení. Exkurze je školní akcí, na kterou se vztahují pravidla obsažená ve školním řádu, srozumění s těmito informacemi stvrzují zákonní zástupci žáků následně svým podpisem.

Přípravu na exkurzi v této fázi nesmí podcenit ani samotný pedagog. Namísto je informovat se o zdravotních obtížích žáků a připravit si s sebou vhodnou zdravotnickou výbavu pro poskytnutí první pomoci.

11.2 Průběh exkurze na lokalitě

Po příjezdu/příchodu na lokalitu pedagog stanoví směr trasy prohlídky a zároveň žáky znovu poučí o bezpečnosti, metodách sběru, manipulaci a uchovávání ulovených členovců. Vždy po několika stovkách metrů pedagog určí místo srazu, na kterém proběhne následné rozdělení ulovených členovců a identifikace vybraných zástupců s pomocí určovacího klíče či učitele. Hlavním úkolem exkurze je však identifikace různých vývojových stádií klíštěte obecného a určení pohlavních rozdílů, může se ovšem stát, že ve zvolený den exkurze bude o

hledané exempláře klíštěte nouze, a proto je tedy vhodné pracovat i s jinými zástupci členovců, protože příroda je v tomto ohledu nevyzpytatelná. Během těchto zastávek si žáci pořizují stručné zápisky o určených exemplářích, popřípadě diskutují o vlastní zkušenosti s klíšťaty či jinými členovci a o dalším využití konkrétních zástupců, zároveň si žáci mohou pořizovat vlastní fotografie, se kterými můžeme pak dále pracovat během výuky na škole. Pokud se nám během exkurze nepodaří některého zástupce určit, což se může zcela běžně stát z důvodu nepřehledného množství členovců, které se na našem území vyskytuje, nezoufejme a v klidu si daného zástupce prohlédneme po skončení exkurze či konzultujeme správnost určení s kolegy, či odborníky z muzea (seznam takových odborníků z Národního muzea je na této stránce: <https://www.nm.cz/prirodovedecke-muzeum#odborna-cinnost>; ochotně však pomohou i kurátoři muzeí lokálních) nebo přírodovědeckých fakult českých univerzit, neboť učitel není profesionální entomolog.

Určené zástupce následně vypouštíme zpět do přírody, proto je nutné s nimi manipulovat co možná nejšetrněji, aby nedocházelo k jejich zbytečným ztrátám. V případě klíšťat, se kterými budeme dále pracovat po skončení exkurze, žáci průběžně odevzdávají všechny ulovené jedince učiteli.

Během práce v terénu musí pedagog dbát na to, aby během svého pohybu měl neustále své žáky na očích a mohl tak kontrolovat jejich bezpečnost i pracovní nasazení, zároveň žáky nabádá k pravidelným kontrolám, aby se pro klíště nestali sami kořistí.

11.3 Závěr a ukončení exkurze

V závěru exkurze je vhodné zhodnotit své celodenní úsilí a práci, kterou žáci vykonali a zároveň se domluvit na dalším postupu s exempláři, které se nám během exkurze nepodařilo určit a provést pečlivou závěrečnou protiklíšťovou prohlídku. K exkurzi je vhodné vrátit se i další vyučovací hodinu na škole, dovysvětlit případné otázky či nesrovnalosti, determinovat dosud neurčené exempláře, popřípadě využít pořízené fotografie k výzdobě učebny nebo k tvorbě obrazového leporela dokumentující průběh exkurze.

12. Určení pohlaví klíštěte, zhotovení fotografií

Po nasbírání dostatečného množství exemplářů klíštěte obecného přistoupíme ke smrcení, které se provádí ve smrtičce prostřednictvím chemikálie octanu ethylnatého. Po usmrcení exemplářů můžeme přejít k praktickému určení a roztřídění klíšťat dle pohlaví, ke kterému použijeme lupu, entomologickou pinzetu a Petriho misku, jejíž dno je pro lepší viditelnost vystáno navlhčeným bílým ubrouskem (Obr. 30.).



Obr. 30. Petriho miska s usmrcenými klíšťaty (Němec, 2019)

Během této práce můžeme velice efektivně využít fotoaparát s adekvátním zvětšením, který nám umožní pořídit kvalitní fotografie, na kterých máme následně možnost pozorovat pohlavní dimorfismus klíštěte obecného (Obr. 31., 32., 33.).



Obr. 31. Zvětšená klíšťata pomocí fotoaparátu, v kroužku označeni samci (Němec, 2019)



Obr. 32. Zvětšené samičky klíštěte obecného (Němec, 2019)



Obr. 33. Zvětšený sameček klíštěte obecného (Němec, 2019)

13. Pozorování hypostomu samice klíštěte pomocí digitálního mikroskopu

Pokud máme ve vybavení učebny digitální mikroskop propojený s počítačem, máme ideální možnost, aniž bychom předem zdlouhavě zhotovovali trvalý preparát klíštěte, pozorovat jeho zvětšený hypostom. Během několika málo minut tak můžeme mít k dispozici poměrně snadno dostupnou a rychlou ukázkou k demonstraci specializovaného aparátu samice klíštěte obecného, sloužícího k ukotvení ve tkáni hostitele (Obr. 34.).

Pomůcky: digitální mikroskop, podložní sklíčko, vysušená samice klíštěte

Postup: pro pozorování použijeme vysušené tělo samice klíštěte obecného, je důležité, aby byl hypostom dobře viditelný, proto můžeme případně odstranit končetiny, které by při pozorování hypostomu překrývaly, samici umístíme na suché podložní sklíčko a pozorujeme pod digitálním mikroskopem



Obr. 34. Zvětšený hypostom samice klíštěte obecného pomocí digitálního mikroskopu (Němec, 2018)

14. Zhotovení trvalých preparátů klíštěte

Příprava trvalých preparátů je oproti suchému preparátu z předchozí kapitoly složitější, charakteristické je využívání různých konzervačních médií, která prodlouží dobu jejich trvanlivosti i na několik desítek let. Důležitou vlastností těchto médií jsou jejich optické vlastnosti, musí být průhledná, jen mírně zabarvená a s vhodným indexem lomu (Habrová, 1990). Při vyhotovení trvalého preparátu máme k dispozici jednak média mísitelná s vodou, která se odpařují, a pro uchování preparátu je nutné provést dodatečné rámování např. barvou, nebo můžeme použít média s vodou nemísitelná, která přirozeně tuhnou, a není třeba je dodatečně rámovat, preparáty zafixované těmito médii bývají mnohem trvanlivější a odolnější vůči mechanickému poškození než je tomu u fixačních médií mísitelných s vodou (Habrová, 1990).

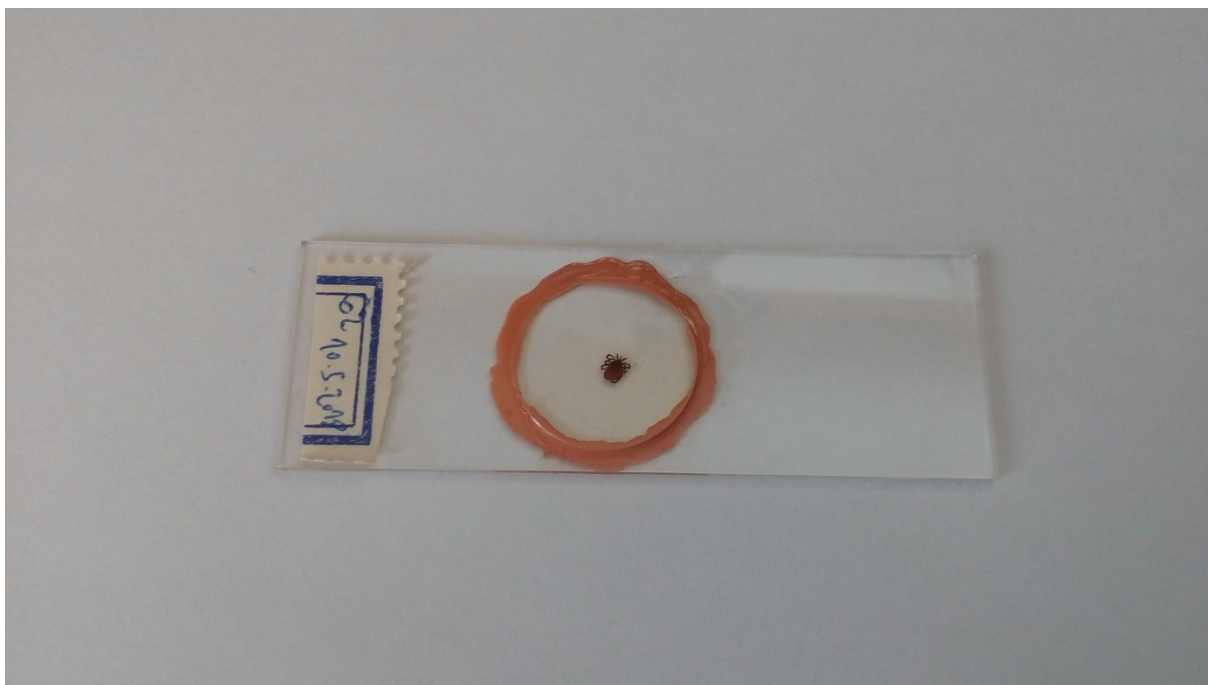
14.1 Zhotovení trvalého preparátu I. – glycerolová želatina

Pomůcky: podložní sklo, krycí sklíčko, biologický materiál, destilovaná voda, glycerol, želatina, krystalický fenol, skleněná tyčinka, kádinka, pinzeta, lak na nehty, štětec, žiletka, nálepky, propiska

Příprava glycerolové želatiny: nejprve necháme po dobu asi 2 hodin nabobtnat 7g želatiny ve 40 ml destilované vody a následně ji rozpustíme ve vodní lázni, poté co se želatina rozpustí, přidáme za stálého míchání 40 ml čistého glycerolu a 0,5 g krystalického fenolu a celou směs zahříváme po dobu zhruba 15 minut a nakonec zatepla přefiltrujeme přes skleněnou vatu (Habrová, 1990)

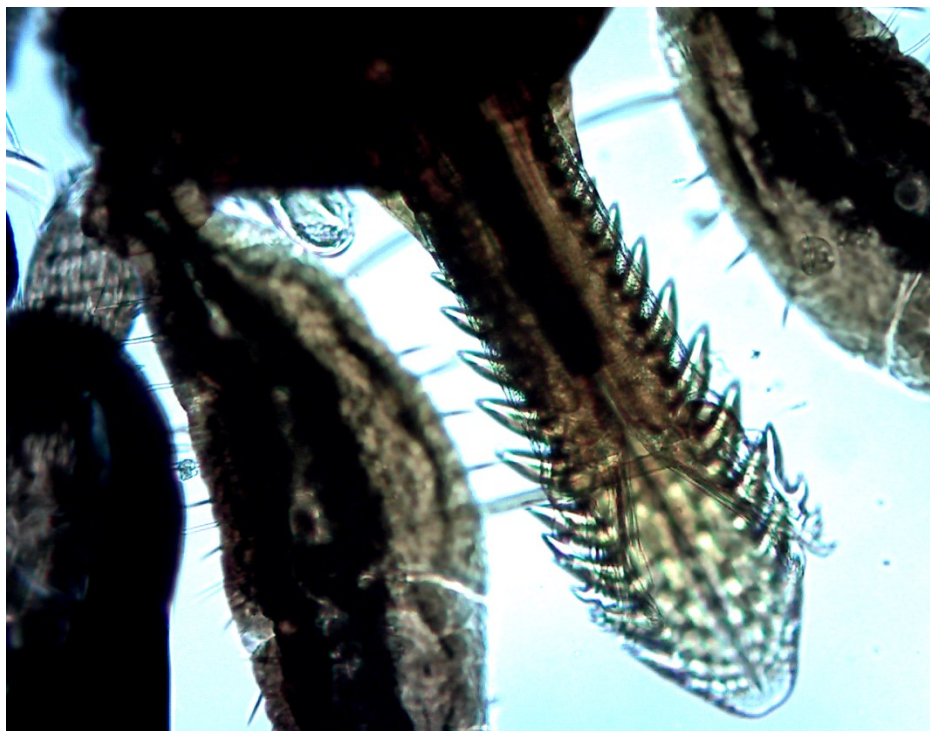
Postup zhotovení preparátu: glycerol želatinu udržujeme v požadované tuhosti ve vodní lázni, na čisté podložní sklíčko nanese pomocí skleněné tyčinky kapku glycerolové želatiny a pomocí pinzety do této kapky umístíme biologický materiál, v našem případě klíště obecné a překryjeme krycím sklíčkem. Při této činnosti pracujeme co nejopatrněji, abychom se vyvarovali vzniku přebytečných vzduchových bublin v preparátu. Pokud se v preparátu nějaká vzduchová bublinka vytvoří, můžeme ji vytlačit jemným pohybem krycího sklíčka, či doplněním malého množství glycerol želatiny. Další možností je položit takový preparát na hřejivou ploténku a počkat, až se bublinky vytlačí vahou krycího sklíčka samy. Takto připravený preparát necháme ve vodorovné poloze schnout po dobu alespoň tří dnů a následně pomocí žiletky

oškrabeme přebytečné médium a okraje krycího sklíčka orámujeme pomocí tenkého štětce a laku na nehty, vzniklý preparát doplníme štítkem s údaji o preparátu (určení objektu umístěného v preparátu; případně jméno autora preparátu) a datem zhotovení (Obr. 35.).

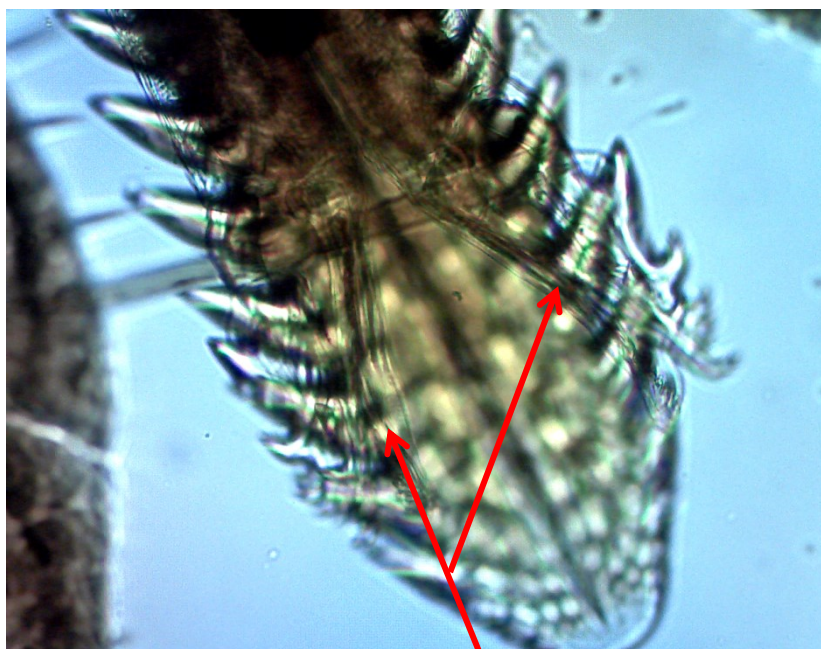


Obr. 35. Trvalý preparát – glycerolová želatina, preparát olemován proti dalšímu vysychání lakem na nehty (Němec, 2019)

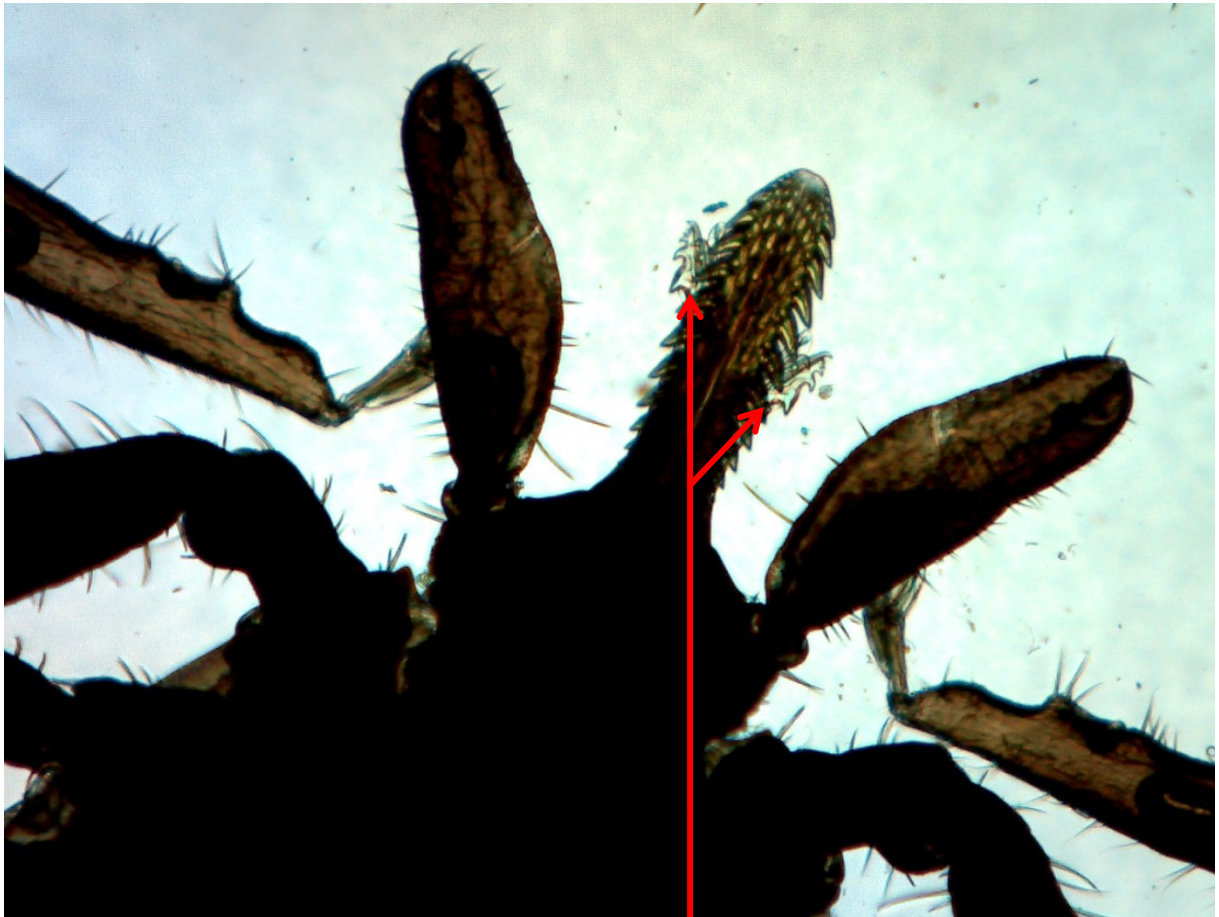
14.1.1 Pozorování zhotovených trvalých preparátů – glycerolová želatina



Obr. 36. Hypostom samice (Němec, 2019)



Obr. 37. Detail hypostomu, s viditelnými **chelicerami** (Němec, 2019)



Obr. 38. Samice klíštěte obecného s viditelnými **chelicerami** (Němec, 2019)



Obr. 39. Končetina samice klíštěte obecného (Němec, 2019)



Obr. 40. Detail končetiny (Němec, 2019)



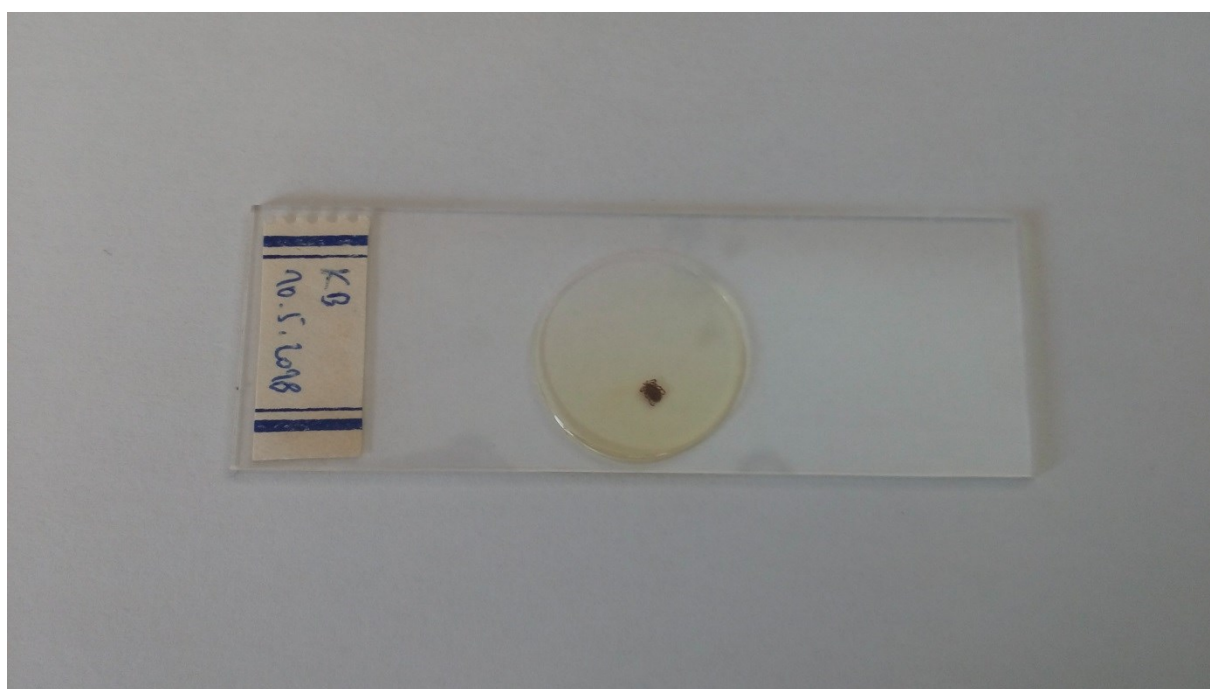
Obr. 41. Detail končetiny – umístění **Hallerova orgánu** (Němec, 2019)

14.2 Zhotovení trvalého preparátu II. – kanadský balzám

Pomůcky: podložní a krycí sklíčko, biologický materiál, kanadský balzám, xylen, skleněná tyčinka, preparační jehla, kádinka, pinzeta, popisovací štítek, propiska

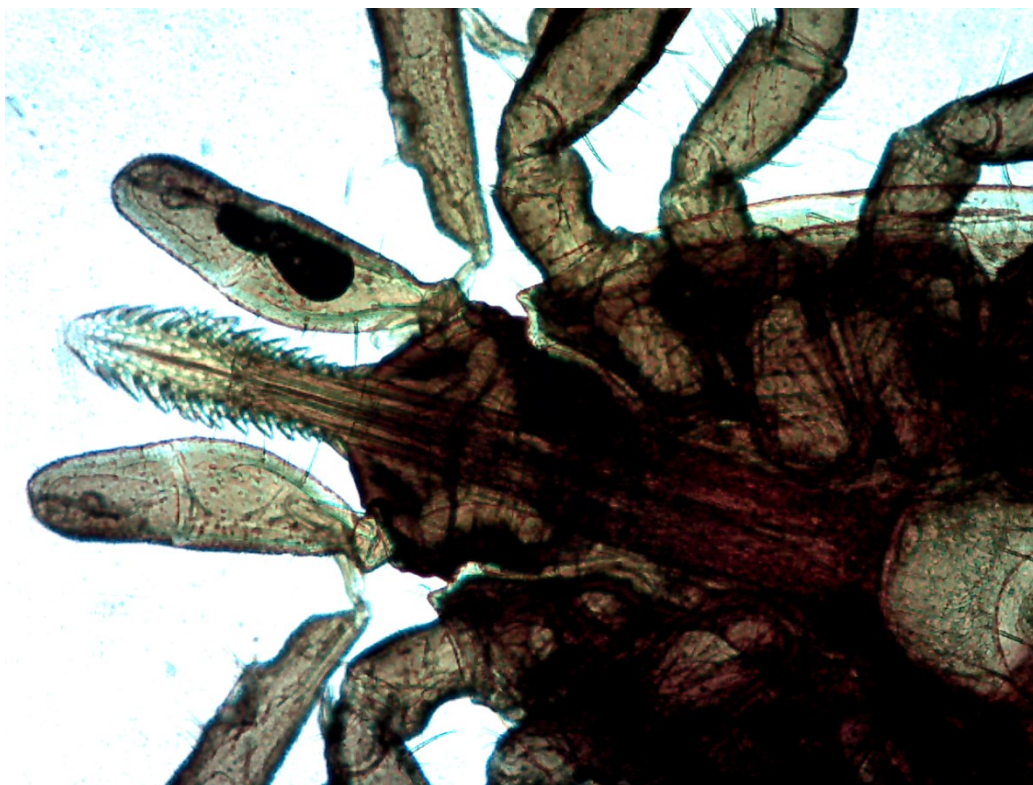
Kanadský balzám: pryskyřice získávaná ze severoamerické jedle (*Abies balsamea*), není mísitelný s vodou, rozpustný v toluenu, benzenu a xylen, větší biologický materiál je nejprve nutno zbavit přebytké vody pomocí vzestupné alkoholové řady, malé objekty můžeme do balzámu fixovat rovnou (Habrová, 1990)

Postup zhotovení preparátu klíštěte: na čisté, odmaštěné podložní sklíčko nanese pomocí skleněné tyčinky kapku kanadského balzámu a pomocí pinzety do této kapky umístíme klíště obecné a překryjeme krycím sklíčkem. Krycí sklíčko umísťujeme na balzám velice opatrně, abychom co možná nejvíce zamezili vzniku případných vzduchových bublin. Pokud se v preparátu bublinka objeví, vytlačíme ji jemným tlakem na krycí sklíčko či použijeme preparační jehlu nebo entomologický špendlík. Takto zhotovený preparát nerámujeme, nakonec preparát (Obr. 42.) opatříme samolepkou s údaji o preparátu a datu zhotovení a necháme ve vodorovné poloze vysychat

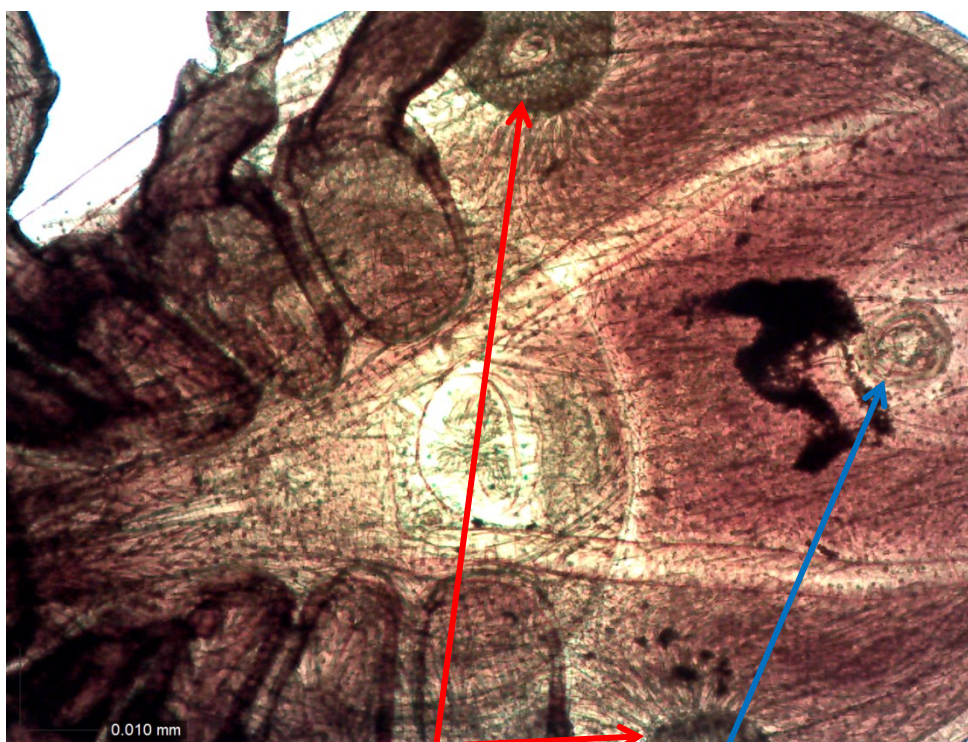


Obr. 42. Trvalý preparát – kanadský balzám (Němec, 2019)

14.2.1 Pozorování zhotovených trvalých preparátů – kanadský balzám



Obr. 43. Samice klíštěte obecného (Němec, 2019)



Obr. 44. Detail zadečku samice, **viditelná stigmata**, **řitní otvor** (Němec, 2019)



Obr. 45. Samec klíštěte obecného (Němec, 2019)



Obr. 46. Detail hypostomu samce klíštěte obecného (Němec, 2019)



Obr. 46. Hypostom samice (Němec, 2019)



Obr. 47. Detail hypostomu samice (Němec, 2019)

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo na základě studia odborné literatury a získaných teoretických poznatků nastínit vzájemný vztah mezi klíšťaty a jejich lidskými hostiteli z hlediska biologického a částečně i historického.

Obsahem práce nebyl pouhý popis tělesné stavby klíštěte obecného (*Ixodes ricinus*), ale i hlubší porozumění procesům, které se odehrávají v těle klíštěte a zároveň i jeho lidského hostitele během procesu sání. Nedílnou součástí jsou kapitoly týkající se prevence a snížení rizika nakažení se některou nemocí, které klíšťata přenášejí, v této práci bylo vybráno několik onemocnění, se kterými se můžeme setkat i na našem území.

V praktické části nalezneme několik typů jak klíště obecné přiblížit žákům během výuky, postup při práci v terénu či jakým způsobem zhotovit a následně využít trvalé preparáty klíšťat.

Slovník méně známých pojmů

Astrocyt – typ gliových buněk hvězdovitého tvaru, společně s neurony tvoří nervový systém, mají důležitou výživnou funkci

Cytokiny – látky vážící se specificky na membránové receptory, které spouštějí signalizaci v cytoplazmě

Hematoencefalitická bariéra – bariéra, která odděluje krev a mozkovou tkáň, zabraňuje prostupu některých látek do CNS

Hemostáza – mechanismy bránící ztrátám krve, reakce cév v místě poškození, vazokonstrikce, činnost krevních destiček, srážení krve

Meningoencefalitida – zánětlivé poškození mozkových obalů a mozku

Peptidáza – obecně enzym štěpící bílkoviny nebo peptidy

Prostaglandiny – látky podobné hormonům vznikající prakticky ve všech orgánech těla, mají místní účinek (ovlivňují tvorbu řady látek včetně hormonů, srážení krve, prokrvení, účastní se imunitních a zánětlivých procesů)

Synoviální tekutina – kloubní mazivo, tekutina zmírňující tření kloubních ploch

Seznam použitých informačních zdrojů

ABUHAMMOUR, Walid. Ehrlichiosis. In: *Medscape.com* [online]. 2018 [cit. 2019-02-07]. Dostupné z: <https://emedicine.medscape.com/article/235839-overview>

BARTŮŇEK, Petr, Martin BOJAR, Pavel CALDA, Pavel DIBLÍK, Jana HERCOGOVÁ, Josef HOZA, Dagmar HULÍNSKÁ, Daniela JANOVSKÁ, Dušan PÍCHA a Marie VALEŠOVÁ. *Lymeská Borelióza*. 4. Praha: Grada, 2013, 157 s. ISBN 978-80-247-4355-4.

BEDNÁŘ, Marek, Věra FRAŇKOVÁ, Jiří SCHINDLER, Andrej SOUČEK a Jiří VÁVRA. *Lékařská mikrobiologie*. Praha: Marvil, 1996, 558 s

COTTÉ, Violaine, Sarah BONNET, Danielle LE RHUN, Evelyne LE NAOUR, Alain CHAUVIN, Henri-Jean BOULOUIS, Benoit LECUELLE, Thomas LILIN a Muriel VAYSSIER-TAUSSAT. Transmission of Bartonella henselae by Ixodes ricinus. *Emerging Infectious Diseases* [online]. 2008, 14(7), 1074-1080 [cit. 2019-02-13]. DOI: 10.3201/eid1407.071110. ISSN 1080-6040. Dostupné z: http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/14/7/07-1110_article.htm

DANIEL, Milan. *Tajné stezky smrtonošů*. Praha: Mladá fronta, 1985, 259 s. ISBN 23-035-85.

DÁŇOVÁ, Jana a Daniela JANOVSKÁ. *Klišťová encefalitida v České republice*. *Zdravi.euro.cz* [online]. 2002 [cit. 2018-10-15]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/klistova-encefalitida-v-ceske-republice-143196>

DUH, D., M. PETROVEC a T. AVSIC-ZUPANC. Diversity of Babesia Infecting European Sheep Ticks (Ixodes ricinus). *Journal of Clinical Microbiology* [online]. 2001, 39(9), 3395-3397 [cit. 2019-02-12]. DOI: 10.1128/JCM.39.9.3395-3397.2001. ISSN 0095-1137. Dostupné z: <http://jcm.asm.org/cgi/doi/10.1128/JCM.39.9.3395-3397.2001>

FRANTA, Zdeněk, Helena FRANTOVÁ, Jitka KONVIČKOVÁ, Martin HORN, Daniel SOJKA, Michael MAREŠ a Petr KOPÁČEK. Dynamics of digestive proteolytic system during blood feeding of the hard tick Ixodes ricinus. *Parasites & Vectors* [online]. 2010, 3(1), 1–12 s., [cit. 2018-09-12]. DOI: 10.1186/1756-3305-3-119. ISSN 1756-3305. Dostupné z: <http://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-3305-3-119>

HABROVÁ, Věra. *Mikroskopická technika*. Praha: SPN, 1990

JAROLÍMEK, Jan. Pražští hygienici se připravují na sběr klíšťat [online]. [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: http://hygp Praha.cz/dokumenty/prazsti-hygienici-se-pripravuji-na-sber-klisat-3014_3014_448_1.html

KOTT, Ivan, Jaroslav VALTER a Tomáš VRÁBLÍK. Závislost aktivity klíštěte obecného na vývoji počasí. *Meteorologické zprávy*. 2015, **68**(6), 161–170 s.

KŘÍŽ, B., Martin GAŠPÁREK. Lymeská borrelióza – epidemiologická data za rok 2014. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. 2015 [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/Epidemiologie/Lymeska_borrelioza/Lymeska_borrelioza_CR_data_do_roku_2014.pdf

KŘÍŽ, B., Martin GAŠPÁREK a Helena ŠEBESTOVÁ. Situace ve výskytu klíšťové encefalitidy v roce 2016 v České republice. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. 2017 [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/Epidemiologie/KE/Situace_ve_vyskytu_klisove_encefalitidy_2016_v_CR.pdf

KŘÍŽ, B., Martin GAŠPÁREK a Helena ŠEBESTOVÁ. Situace ve výskytu klíšťové encefalitidy do roku 2014 v České republice. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. 2015 [cit. 2018-10-22]. Dostupné z: <https://goo.gl/y10Qe6>

KŘÍŽ, B., Martin GAŠPÁREK a Helena ŠEBESTOVÁ. Situace ve výskytu Lymeské borreliózy v roce 2016 v České republice. In: *Státní zdravotní ústav* [online]. 2017 [cit. 2018-10-25]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/Epidemiologie/Lymeska_borrelioza/Situace_ve_vyskytu_Lymesk_e_borreliozy_v_roce_2016_v_Ceske_republice.pdf

LARSSON, Pär, Petra C F OYSTON, Patrick CHAIN, May C CHU, Melanie DUFFIELD, Hans-Henrik FUXELIUS, Emilio GARCIA, Greger HÄLLTORP, Daniel JOHANSSON, Karen E ISHERWOOD, Peter D KARP, Eva LARSSON, Ying LIU, Stephen MICHELL, Joann PRIOR, Richard PRIOR, Stephanie Malfatti, Anders SJÖSTEDT, Kerstin SVENSSON, Nick THOMPSON, Lisa VERGEZ, Jonathan K WAGG, Brendan W WREN, Luther E LINDLER, Siv G E ANDERSSON, Mats FORSMAN a Richard W TITBALL. The complete genome sequence of *Francisella tularensis*, the causative agent of tularemia. *Nature Genetics* [online]. 2005, 37(2), 153-159 [cit. 2019-02-14]. DOI: 10.1038/ng1499. ISSN 1061-4036. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/ng1499>

MAHMOOD T, Yang PC. Western blot: technique, theory, and trouble shooting. *The North American Journal of Medical Sciences* 2012;4(9):429-434 s.

MÁSLOVÁ, Ludmila, Irena MARTINKOVÁ, a Monika VAŠUTOVÁ. *Bartonelóza – nemoc z kočičího škrábnutí*. In: *Medicína* 2014; 16(4): 167–168 s.

MATĚJOVSKÁ, Tereza. Interakce klíště-hostitel I. Sání krve a přenos patogenů. *Živa*, **2007**(6), 247–249.

MATĚJOVSKÁ, Tereza. Interakce klíště-hostitel II. Obranné reakce hostitele. *Živa*, **2008**(1), 5–6.

MOKREJŠOVÁ, Magdaléna, Jiří ŽABKA. Akutní renální postižení u pacienta s ehrlichiózou. *Interní medicína pro praxi*. 2013; 15(1): 22–24

OYSTON, Petra C.F., Anders SJÖSTEDT a Richard W. TITBALL. Tularaemia: bioterrorism defence renews interest in *Francisella tularensis*. *Nature Reviews Microbiology* [online]. 2004, 2(12), 967-978 [cit. 2019-02-14]. DOI: 10.1038/nrmicro1045. ISSN 1740-1526. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/nrmicro1045>

PERNICOVÁ, Eva. Babezióza - jedna z mnoha nemocí přenosná klíšťaty. *Avenier.cz* [online]. [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <https://odbornost.avenier.cz/cz/babezioza-jedna-z-mnoha-nemoci-prenosna-klistaty>

PÍCHA, Dušan. *Lymeská borelióza*. *Zdravi.euro.cz* [online]. 2009 [cit. 2018-10-26]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/lymeska-borelioza-447574>

PROKEŠ, Zdeněk. *Lymeská borrelióza*. In: *Dermatologie pro praxi* [online]. 2015 [cit. 2018-10-22]. Dostupné z: <https://goo.gl/T6Cwg7>

RICHTER, Dania, Franz-Rainer MATUSCHKA, Andrew SPIELMAN a L. MAHADEVAN. How ticks get under your skin: insertion mechanics of the feeding apparatus of *Ixodes ricinus* ticks. *Proceedings of the Royal Society B* 280: 1–6 s. [online]. 2013 [cit. 2018-09-09]. Dostupné z: <https://goo.gl/q9vaOq>

ROZSYPAL, Hanuš. *Základy infekčního lékařství*. Praha: Karolinum, 2015, 566 s. ISBN 978-80-246-2932-2.

RŮŽEK, Daniel, Vlasta DANIELOVÁ, Milan DANIEL, Václav CHMELÍK, Aleš CHRDLÉ, Petr PAZDIORA, Roman PRYMULA, Jiří SALÁT, Josef SÝKORA a Eva ŽAMPACHOVÁ. *Klíšťová encefalitida*. Praha: Grada Publishing, 2015, 200 s. ISBN 978-80-247-5305-8.

SLÍVA, Jiří. *Lymeská borrelióza*. In: Interní Medicína 2010; 12(7-8): 374–37

SMRŽ, Jaroslav. *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. Praha: Karolinum, 2015, 192 s. ISBN 978-80-246-2258-3.

SOJKA, Daniel. „Krvemlýnek“ ve střevě klíštěte. *Živa*, **2016**(1), 10–13 s.

TERRA, W. R. The origin and functions of the insect peritrophic membrane and peritrophic gel. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 2001, 47(2), 47–61 s.
doi:10.1002/arch.1036

TREBICHA VSKÝ, Ilja. Cytokiny a biologická léčba. *Živa*, **2013**(3), 98–100 s.

VANIŠTA, Jiří a Vilma MAREŠOVÁ. *Serózní meningitida*. *Zdravi.euro.cz* [online]. 2003 [cit. 2018-10-15]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/serozni-meningitida-156495>

VOLF, Petr, Petr HORÁK, Ivan ČEPIČKA, Jaroslav FLEGR, Julius LUKEŠ, Libor MIKEŠ, Milena SVOBODOVÁ, Jiří VÁVRA a Jan VOTÝPKA. *Paraziti a jejich biologie*. Praha: TRITON, 2007, 318 s. ISBN 978-80-7387-008-9.

Elektronické zdroje

Aktivní metody odchytu. LITS - Laboratory of Insect Trophic Strategies [online]. [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: http://lits.osu.cz/?page_id=950&lang=cs

Jak se chránit [online]. Pozorkliste.cz, 2018 [cit. 2018-10-08]. Dostupné z: <http://www.pozorkliste.cz/proc-je-dobre-nechat-se-ockovat>

Jak se chránit před napadením klíšťaty [online]. Praha: Státní zdravotní ústav (SZÚ), 2007 [cit. 2018-10-02]. Dostupné z: <https://goo.gl/rb4d5W>

Jak klíště vyhledá hostitele? [online]. Klíště.cz, 2018 B [cit. 2018-09-15]. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/jak-kliste-vyhleda-hostitele->

Klíště a ehrlichioza [online]. Kliste-prevence.cz, 2019 [cit. 2019-02-07]. Dostupné z: <http://www.kliste-prevence.cz/kliste-a-ehrlichioza/>

Klíšťová encefalitida [online]. Klíště.cz, 2018 D [cit. 2018-10-17]. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/klistova-encefalitida>

Onemocnění přenášená klíšťaty v České republice [online]. Praha: Státní zdravotní ústav (SZÚ), 2008 [cit. 2018-10-02]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/onemocneni-prenasena-klistaty-v-ceske-republice?highlightWords=ixodes+ricinus>

Parasites - Babesiosis. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) [online]. 2019 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/parasites/babesiosis/index.html>

Předpověď aktivity klíšťat [online]. Český hydrometeorologický ústav (ČHÚ), 2018 [cit. 2018-09-15]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/ceska-republika/predpoved-aktivity-klisat>

Ticks. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) [online]. 2017 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/dpdx/ticks/index.html>

Tularemia. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) [online]. 2018 [cit. 2018-12-12]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/tularemia/>

Výskyt nakažených klíšťat v jednotlivých letech [online]. Klíště.cz, 2019 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/vyskyt-infikovanych-klisat-v-jednotlivych-letech>

Výskyt nakažených klíšťat v krajích [online]. Klíště.cz, 2018 C [cit. 2018-09-17]. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/vyskyt-nakazenych-klisat-v-krajich>

Životní cyklus klíšťat [online]. Klíště.cz, 2018 A [cit. 2018-09-15]. Dostupné z: <https://www.kliste.cz/cz/vse-o-klistatech/clanek/zivotni-cyklus-klisat>